

بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس درختان و تخصیص بهینه آنها در صنایع تخته‌خرده‌چوب

نجیبه گیلانی‌پور^۱، اکبر نجفی^{۲*}، رافائله اسپینلی^۳ و رامین نقدی^۴

۱- دانشجوی دکتری علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. (gilanipoor.najibeh@yahoo.com)

۲- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. (a.najafi@modares.ac.ir)

۳- دکتری مهندسی جنگل، موسسه سی‌ان‌آر ایوالزا، سستو فیورنتینو، ایتالیا. (spinelli@ivalsa.cnr.it)

۴- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (naghdir@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۰۳

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۴

چکیده

در سال‌های اخیر در سیاست کلی کشور، تصمیم بر توقف بهره‌برداری چوب از جنگل‌های صنعتی شمال استوار شده است. در حالی که همگام با افزایش جمعیت، تقاضا برای مصرف چوب در حال افزایش است؛ بنابراین لزوم یافتن منابع جایگزین برای تأمین مواد اولیه صنایع چوب بیش از پیش احساس می‌شود. در ایران هر ساله بقایای چوبی زیادی به دلیل عدم توسعه و ترویج روش‌های مناسب بهره‌برداری سوزانده شده و به هدر می‌رود. در این پژوهش بهره‌برداری و تخصیص بهینه بقایای چوبی حاصل از هرس درختان سیب در صنایع تخته‌خرده‌چوب بررسی شده است. بهره‌برداری بقایا در باغات سیب شهرستان دماوند با دستگاه خردکن و حمل آن تا کارخانه با کامیون انجام شد. ارزیابی روند کار و مقدار تولید و هزینه با روش زمان‌سنجی پیوسته و تخصیص بهینه با مدل برنامه‌ریزی خطی به روش حمل و نقل و با الگوریتم سیمپلکس انجام شده است. نتایج نشان داد که بیشترین زمان بهره‌برداری بقایا به ترتیب مربوط به جمع‌آوری و انتقال به دپو و خردکردن آن‌ها است و مقدار تولید بقایا ۱/۹۷ تن در هکتار و مقدار تولید چپس ۰/۱۶۰ تن در ساعت است. همچنین تخصیص بهینه ۴۰۰ هزار تن منابع حاصل از بهره‌برداری بقایای هرس درختان سیب با حداقل هزینه حمل (۹۵۰ میلیارد ریال)، ضمن حل معضل دفع ضایعات و کاهش آلودگی زیست‌محیطی سود سالانه حدود ۴۵۰ میلیارد ریال را برای کشور به ارمغان خواهد آورد و بدین ترتیب بخشی از کمبود مواد اولیه صنایع تخته‌خرده‌چوب جبران خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: زمان‌سنجی پیوسته، مقدار تولید، حداقل هزینه حمل، مدل برنامه‌ریزی خطی.

مقدمه

مناسبی خواهد بود. سطح باغ‌های کشور (اعم از غیر بارور و بارور) حدود ۲/۸۵ میلیون هکتار است که بیشترین سطح بارور به ترتیب مربوط به پسته، انگور، سیب، خرما، پرتقال، بادام، گردو و دیگر محصولات است (Ahmadi et al., 2017). زارعین و باغداران برای دستیابی به محصولاتی باکیفیت و کمیت بالاتر، سالانه عملیات پرورشی و بهداشتی بر روی درختان انجام می‌دهند که یکی از این عملیات پرورشی تکمیلی هرس کردن است. بر اساس بررسی‌های انجام شده، حجم بقایای حاصل از هرس درختان با توجه به نوع گونه و شدت هرس بین ۰/۳ تا ۳/۵ تن در هکتار متغیر است (Nati et al., 2017, Magagnotti et al., 2013)؛ بنابراین در ایران هرساله بقایای زیادی در حدود بیش از سه میلیون تن در سطح باغات در نتیجه هرس درختان تولید می‌شود.

سیب از رایج‌ترین محصولات در مناطق معتدله است که بر اساس آمار سازمان خواربار جهانی حدود ۵ میلیون هکتار از اراضی در سراسر جهان تحت پوشش این محصول است (Magagnotti et al., 2013). در ایران، وجود ۲۱۷ هزار هکتار باغ سیب (Ahmadi et al., 2017) و لزوم هرس سالیانه این باغات بقایای لیگنوسلولزی قابل توجهی تولید می‌کند. اکنون باغات با حجم وسیعی از این ضایعات روبرو هستند که به دلیل عدم توسعه و ترویج روش‌های مناسب برای بهره‌برداری، اقدام به سوزاندن آن می‌کنند. سوزاندن بقایای هرس خسارت‌بارترین و غیراقتصادی‌ترین روش در مدیریت باغ به خصوص در خاک‌های فقیر و خشک ایران است (Hajnajari, 2016). امروزه رویکردهای فناورانه مختلفی برای افزایش ارزش افزوده این بقایا از طریق تبدیل آن‌ها به مواد بیولوژیکی همانند پانل‌های چوبی، سوخت زیستی، روغن زیستی و بیوگاز توسعه یافته است (Braghiroli and Passarini, 2020).

در کشور ایران از سال ۱۳۹۲ طرح‌ها و سیاست‌هایی همانند برنامه بهینه‌سازی، پایش و حفظ جنگل‌های کشور، طرح تنفس جنگل و طرح جایگزین مبنی بر کاهش یا توقف بهره‌برداری چوب از جنگل‌های صنعتی شمال کشور مطرح و در حال اجرا است. به طوری که هم‌اکنون برداشت از جنگل متوقف شده و برداشت‌های محدودی در موارد ضروری برای انتقال خطوط گاز، بازگشایی جاده و غیره و همچنین برداشت غیرمجاز و قاچاق چوب انجام می‌شود. در حالی که همگام با افزایش جمعیت، تقاضا برای مصرف چوب نیز در حال افزایش است (Lashkarbolouki et al., 2016). در نتیجه کمبود مواد اولیه به دلیل عدم توان دولت در واردات چوب در حجم بالای مورد نیاز کشور و ناتوانی عرصه‌های جنگلی در تأمین چوب مورد نیاز به دلایل اهمیت خدمات زیست‌محیطی جنگل‌ها یکی از معضلات جدی صنایع چوبی کشور است و این امر موجب شده است که در سال‌های اخیر بسیاری از صنایع کوچک به فعالیت‌های فصلی و موقت روی آورند و صنایع بزرگ با ظرفیت‌هایی به مراتب کمتر از ظرفیت اصلی کار کنند و بسیاری در آستانه تعطیلی موقت یا دائم قرار گیرند (Kalagari et al., 2017).

صنعت تخته خرده چوب قادر است طیف وسیعی از مواد لیگنوسلولزی چوبی و غیرچوبی را مورد تغذیه و مصرف قرار دهد. به طوری که امروزه در جهان با بهره‌برداری از ضایعات لیگنوسلولزی کشاورزی مانند باگاس و سرشاخه‌های پسته، تخته خرده چوب تولید می‌شود (Mohamadlu et al., 2015). از این رو جایگزین کردن مواد لیگنوسلولزی حاصل از هرس درختان، با توجه به جایگاه ایران در تولید محصولات باغی متنوع و حجم زیاد بقایای حاصل از هرس، راه‌حل

متصل به تراکتور کشاورزی در بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس درختان انار را مقایسه کرده‌اند. ماشین اول دارای واحدهای پیکاپ، خردکن و مخزن و ماشین دوم فقط دارای واحد خردکن بوده است. نتایج نشان داد که ماشین اول در خرد کردن بقایا نسبت به ماشین دوم مؤثرتر است، اما انرژی و هزینه بیشتری مصرف می‌کند.

بعد از بهره‌برداری بقایای هرس شده درختان سیب در باغات، منابع حاصله برای مصرف به‌عنوان مواد اولیه به کارخانه‌های تخته‌خرده چوب انتقال می‌یابند. مناطق پرورش گونه سیب در کشور گسترده بوده و مراکز مصرف در استان‌های شمالی کشور، اردبیل و کرمان استقرار یافته‌اند؛ بنابراین فواصل و هزینه حمل منابع حاصل از بهره‌برداری بقایا در ارزیابی مقدار هزینه و سود عملیات بسیار مهم است. از این رو در اینجا اهمیت مسئله توزیع و تخصیص بهینه کالا نمایان می‌شود. مسئله توزیع و تخصیص بهینه عبارت است از ارسال مقادیری کالا از چند مبدأ به نقاطی که متقاضی مصرف آن کالا هستند (مقصد)، به طوری که بالاترین سود یا کمترین هزینه را برای مدیریت پروژه به ارمغان آورد. برای تصمیم‌گیری در زمینه انتخاب خطوط تولید بهینه که کمترین هزینه یا بالاترین سود را به دنبال داشته باشد، می‌توان از انواع روش‌های پژوهش عملیاتی استفاده کرد. برنامه‌ریزی خطی استفاده از یک مدل ریاضی بوده و ابزاری است که می‌توان آن را در حل مسائل تخصیص منابع به‌کار برد (Lotfalian, 2011).

در این تحقیق، ارزیابی اقتصادی بهره‌برداری چوبی بقایای حاصل از هرس درختان سیب به‌عنوان مواد اولیه صنایع تخته‌خرده چوب و تخصیص بهینه این منابع با مدل برنامه‌ریزی خطی مورد بررسی قرار گرفته است. با برنامه‌ریزی صحیح و انجام پژوهش‌های مدون می‌توان بقایا حاصل از هرس درختان را به منابع باارزشی برای

شناسایی کاربرد مناسب برای بقایای حاصل از هرس درختان و داشتن برنامه‌ای مناسب و منسجم در زمینه آموزش و ترویج کشاورزان و باغداران (Hajjarian and Hosseinzadeh, 2016)، معضل موجود را به یک تولید متوازی (پهلوه‌پهلوه) با یک درآمد بالقوه و یا کاهش هزینه مدیریت باغات تبدیل خواهد کرد و می‌توان این بقایا را جایگزین چوب‌های رایج برای کاربردهای صنعتی کرد (Spinelli et al, 2012).

برای بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس اقدامات مدیریتی صحیح و برآورد دقیق هزینه و تولید ضروری است؛ زیرا بر مقدار بازدهی و اقتصاد فرآیند بهره‌برداری و مزایای بالقوه بازیابی زیست‌توده تأثیر می‌گذارند (Dyjakon, 2019). برآورد تولید و هزینه بهره‌برداری بقایا، برای تصمیم‌گیری در مورد اینکه از این بقایا چوبی به‌عنوان منابع استفاده شود و یا اینکه به‌عنوان زباله تولیدشده از باغات و فضای سبز شهری دفع شود، بسیار ضروری است (Toupin et al., 2007). در جهان پژوهش‌هایی در زمینه بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس برای مصارف مختلف صنعتی انجام شده است. Magagnotti et al. (2013) فناوری‌های بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس انگور، سیب و گلابی را در ۱۷ مزرعه در شمال ایتالیا با چهار نوع هاروستر تجاری بررسی کرده‌اند. بازدهی بقایا بین حدود ۰/۷ تا ۹ تن ماده سبز از زی‌توده در هکتار و هزینه تولید هر تن ماده سبز حدود ۱۱ تا ۶۰ دلار بوده که بستگی به شرایط زمین و انتخاب نوع ماشین دارد. (Nati et al. (2017) عملکرد یک هاروستر جدید را برای بهره‌برداری بقایا چوبی باغات بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد که مقدار تولید ۰/۷۷ تن ماده خشک در هکتار و ۰/۲۷ هکتار در ساعت کار برنامه‌ریزی‌شده و هزینه عملیات ۲/۲۷۵ دلار در هر هکتار بوده است. (Yigit and Canakci (2020) عملکرد فنی و اقتصادی دو ماشین خردکن مختلف

ماشین‌های مورد تحقیق

بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس درختان شامل مراحل جمع‌آوری و انتقال بقایا از پای درختان تا دپو (فضای خالی موجود در هر باغ)، خرد کردن بقایا در دپو و انتقال چپس حاصله به صنایع تخته‌خرده‌چوب است که در مرحله جمع‌آوری (انتقال بقایا از پای درختان به دپوی موجود در هر باغ) از روش دستی و در مرحله خردکردن بقایا از دستگاه خردکن (جدول ۱) به صورت ثابت در دپو استفاده شد. انتقال منابع حاصل از بهره‌برداری بقایا از محل تولید به مراکز مصرف (کارخانه‌های تخته‌خرده‌چوب) با کامیون دارای ظرفیت ۱۶ تن حمل بار انجام شد.

بررسی کار و زمان‌سنجی

برای شناسایی و ارزیابی سیستم‌ها لازم است روند کار، مقدار تولید و هزینه ماشین‌آلات مورد بررسی قرار گیرد. در بررسی کار ابتدا تقسیم و تجزیه کار انجام شده و مراحل کار به بخش‌های مختلف تقسیم می‌شوند و هر بخش بدون اینکه فراموش شود یا از نظر دور بماند به دقت مورد بررسی قرار گرفته و نواقص و زوائد آن در حین اجرا رفع می‌شود (Sarikhani, 2001).

در این تحقیق بررسی کار به روش زمان‌سنجی پیوسته (Continuous Time Study) انجام شده و سپس مقدار تولید و هزینه عملیات محاسبه شد. در هنگام زمان‌سنجی اجزای مختلف کار، زمان‌های مربوط به تأخیرهای مختلف کاری و علل آن‌ها ثبت می‌شود. هر چرخه کار دستگاه خردکن شامل اجزای زیر است: جمع‌آوری بقایا در عرصه و انتقال به دپو به روش دستی توسط کارگر، استقرار دستگاه خردکن، ریختن بقایا به داخل دستگاه و خرد شدن چوب، بسته‌بندی، بارگیری به داخل ماشین حمل (کامیون)، حرکت از دپو تا کارخانه، تأخیرها. زمان کل از مجموع زمان مربوط به اجزای تشکیل‌دهنده هر سیکل به دست می‌آید. سپس از

صنایع تخته‌خرده‌چوب تبدیل کرده و در واقع جایگزین چوب‌های رایج جنگلی مورد مصرف این صنایع کرد. بدین ترتیب فشار برداشت از روی جنگل‌های صنعتی شمال کشور کاهش یافته و نیاز صنایع به وسیله منابع جایگزین تأمین خواهد شد. همچنین این بقایا به یک تولید جانبی تبدیل خواهد شد که با کسب درآمد بالقوه و یا کاهش هزینه مدیریت باغات همراه است. از طرف دیگر، معضل دفع این بقایا به عنوان زباله حل شده و از افزایش آلودگی محیط‌زیست در اثر سوزاندن حجم زیادی از بقایا جلوگیری می‌شود. علاوه بر آن، با توجه به اینکه دستگاه خردکن مورد استفاده تولید داخل کشور و مبتنی بر دانش بومی بوده، از این‌رو با توسعه کارآفرینی، اشتغال‌زایی و انتقال فناوری در بخش‌های مختلف در کشور همراه خواهد بود و با کاهش نیاز به واردات چوب، وابستگی‌های خارجی کاهش یافته و بر تولید داخلی کشور و تلاش برای خوداتکایی تأکید می‌شود.

مواد و روش‌ها


منطقه مورد تحقیق

استان‌های مهم تولیدکننده میوه‌های دانه‌دار (که ۸۸/۵ درصد آن سیب است) به ترتیب شامل آذربایجان غربی و شرقی، فارس، اصفهان، خراسان رضوی، اردبیل، زنجان، تهران و ... هستند (Ahmadi et al., 2017). در این تحقیق شهرستان دماوند در استان تهران به عنوان منطقه مورد تحقیق انتخاب شد. شهرستان دماوند در ۴۵ کیلومتری شرق تهران و در مختصات جغرافیایی $35^{\circ} 20'$ تا $35^{\circ} 55'$ عرض شمالی و $51^{\circ} 53'$ تا $53^{\circ} 51'$ طول شرقی واقع شده است. در این شهرستان ۷۵۰۰ هکتار از اراضی زیر کشت سیب بوده و مقدار تولید و صادرات سالانه سیب‌درختی به ترتیب ۱۷۰ و ۳/۵ هزار تن است.

نسبت زمان تأخیر به زمان کل درصد تأخیرها به دست می‌آید. در هر نوبت عملیات ممکن است سه نوع تأخیر به وجود بیاید که شامل تأخیر فنی، شخصی و اجرایی است. تأخیر فنی جزء زمان هر سیکل محسوب می‌شود؛ اما تأخیر شخصی و اجرایی جزء زمان اتلافی محسوب می‌شوند.

جدول ۱- مشخصات و تصویر دستگاه خردکن

Table 1. Specifications and image of the chipper

مشخصات دستگاه خردکن	واحد	تصویر دستگاه خردکن
Specifications of the chipper	Unit	Image of the chipper
مدل	KOREN K 17000	
موتور	بنزینی هوندا Honda petrol	
قدرت موتور	13	
ابعاد دستگاه	170*72*165	
وزن دستگاه	99	
مقدار مصرف سوخت	1.2	
حداکثر طول تراشه	1.5 تا 3	
تعداد دور تیغه	1600 تا 2000	
کشور سازنده	ایران Iran	

تولید و هزینه

مقدار تولید از نسبت متوسط حجم یا وزن چپس تولید شده به زمان به دست می‌آید. هزینه کل شامل هزینه ماشین (دستگاه خردکن)، هزینه کارگری و هزینه حمل است که بر اساس روابط زیر محاسبه می‌شود (Ghaffariyan et al., 2013). قیمت هر دستگاه خردکن ۱۰۰ میلیون ریال و تعداد روز کاری ۲۰۰ روز در سال است. نرخ تنزیل ۱۶ درصد، نرخ تورم ۴/۴ درصد است (داده‌ها مربوط به تیرماه سال ۱۳۹۸ است). در

زمان انجام این تحقیق بقایای رایگان بوده و هزینه خرید

مواد اولیه صفر در نظر گرفته شد.

۱- قیمت اسقاطی (S): $r = r^1 - i$ ، $d = \frac{1}{N} \times 100$

استهلاک، i : نرخ تورم، r^1 : نرخ اسمی تنزیل، r : نرخ

واقعی تنزیل، N : عمر مفید ماشین (۱۰ سال)، $t = 10$

۲- ضریب بهره‌وری (U): $U = (PH/SH) \times 100$

ساعات کار مفید، SH : ساعات کار برنامه‌ریزی شده)

۳- متوسط ارزش سرمایه‌گذاری (A):

$$A = \frac{(P-S) \cdot (N+1)}{2N} + S$$

۴- هزینه‌های ثابت (FC):

$$4-1 \text{ استهلاک (D): } D = a \cdot \frac{r \cdot (1+r)^t}{(-1) + (1+r)^t}, \alpha = P \cdot S$$

$$4-2 \text{ سود سرمایه بانکی (I): } I = A \times r$$

$$4-3 \text{ بیمه و مالیات (T): } T = (D+I) \times 10\%$$

مجموع هزینه‌های ثابت در ساعت‌های کار مفید

$$(TFC/PH) = (D+I+T)/PH$$

مجموع هزینه‌های ثابت در ساعات کار برنامه‌ریزی شده

$$(TFC/SH) = (D+I+T)/SH$$

۵- هزینه‌های جاری (متغیر) (OC):

۵-۱ هزینه نگهداری و تعمیرات با نرخ

$$(MR) (F=0.9) : MR = [(P-S)/(N \times PH)] \times F$$

۵-۲ سوخت، روغن و گریس در ساعت (FLC): بر

اساس اندازه‌گیری مصرف واقعی ماشین در حین کار

محاسبه و هزینه روغن برابر ۲۰ درصد هزینه سوخت

است.

۵-۳ هزینه تایر (t): ساعات عمر تایر/قیمت

$$\text{تایر} \times (1+r)$$

۵-۴ استهلاک تیغه (k): ساعات عمر تیغه/قیمت

$$\text{تیغه} \times (1+r)$$

مجموع هزینه‌های جاری: $TOC = MR + FLC + t + k$

۶- هزینه‌های کارگری (LC): دستمزد کارگر و اپراتور

دستگاه خردکن و دستمزد کارگر برای جمع‌آوری و

حمل بقایا به دپو

$$7- \text{نرخ ماشین (MRH): } MRH/PH = TFC + TOC$$

تخصیص بهینه منابع

در این تحقیق برای فرموله کردن مسئله و به دست آوردن

جواب بهینه از مدل برنامه‌ریزی خطی به روش

حمل و نقل با الگوریتم سیمپلکس در محیط نرم افزار

Excell استفاده شده است. مدل حمل و نقل یکی از

روش‌های حل مسئله در برنامه‌ریزی خطی است که

همواره در آن تعدادی کالای همگن از چند مبدأ توزیع

به چند مقصد با مرکز تقاضا ارسال می‌شود. همچنین

ظرفیت‌های مراکز توزیع و مصرف مشخص بوده و در

بیشتر موارد مجموع کالای تولیدی یا مورد توزیع معادل

مجموع کالای مصرفی یا مورد تقاضا است. الگوریتم

سیمپلکس یک روش ریاضی برای حل مسائل

برنامه‌ریزی خطی است که با تکرار عملکرد بهینه‌سازی

اقدام به بیشینه یا کمینه کردن تابع هدف کرده و بدین

ترتیب به تابع هدف دست می‌یابد (Lotfalian, 2011).

در این پژوهش اجزای مدل برنامه‌ریزی خطی به صورت

زیر است:

متغیرهای تصمیم: در این تحقیق متغیر تصمیم که

با X_{ij} نشان داده شده، بیانگر مقدار چپس تولید شده

است که از مبدأ i (استان‌های پرورش دهنده سیب) به

مقصد j (استان‌های محل استقرار کارخانه‌ها) حمل می‌-

شود.

تابع هدف: هدف ترکیب موزونی از متغیرها برای

رسیدن به حد بهینه است. تابع هدف رابطه‌ای ریاضی

است که برحسب متغیرهای تصمیم نوشته شده و هدف

مسئله را بیان می‌کند و تصمیم‌گیرنده به کمک فن‌های

شناخته شده مختلف، تلاش در بیشینه کردن یا حداقل

کردن تابع هدف دارد. هدف اصلی در تحقیق حاضر و

به طور کلی در مسائل حمل و نقل، تخصیص بهینه کالای

هر مبدأ به مراکز مصرفی است که مجموع هزینه انتقال

کالاها در حداقل ممکن باشد؛ بنابراین به دنبال حداقل

کردن تابع هدف خواهیم بود (رابطه ۱).

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{Min} Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

در این رابطه: X_{ij} : مقدار چپس حاصل از بهره‌برداری

بقایا است که از مبدأ i به مقصد j حمل می‌شود. این

مقدار حاصل ضرب مساحت باغات سیب (هکتار) در

هر استان در مقدار تولید چپس (تن در هکتار) است.

مقدار تولید چپس در طی تحقیق موردی در شهرستان

دماوند محاسبه‌شده و به دلیل محدودیت بودجه و عدم امکان انجام پژوهش در تمامی استان‌های مبدأ به کل کشور تعمیم داده شد.

محدودیت‌های عرضه از مبدأ $i=1, \dots, m$ و S_i را به صورت رابطه (۲) می‌نویسند:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq S_i \quad \text{رابطه (۲)}$$

مجموع کالای تولیدی در هر مبدأ i به مقصد j است که حاصل ضرب مسافت بین مبدأ و مقصد (کیلومتر) در هزینه حمل هر تن چپس در هر کیلومتر با کامیون (۳۵۰۰ ریال بر اساس نرخ اتحادیه باربری در تیرماه سال ۱۳۹۸) است.

محدودیت‌های تقاضا در مقصد $j=1, \dots, n$ و d_j را به صورت رابطه (۳) می‌نویسند:

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} \geq d_j \quad \text{رابطه (۳)}$$

مجموع کالای دریافتی در هر مقصد j باید از d_j بیشتر باشد.

نتایج

بررسی زمانی

نتایج زمان‌سنجی نشان داد که بیشترین زمان به ترتیب مربوط به جمع‌آوری و انتقال بقایا به دپو و خرد کردن آنها است (جدول ۲). همچنین بیشترین تأخیر مربوط به تأخیر فنی (۵۳ درصد) بوده است (جدول ۳).

محدودیت‌ها: یکسری محدودیت‌ها در ترکیب‌های متنوعی از متغیرها هستند و تعداد آنها متناسب با نوع مسئله است. قیود با علامت \geq یا \leq مشخص می‌شوند. در این تحقیق در مقدار عرضه و تقاضا محدودیت وجود دارد.

جدول ۲- نتایج زمان‌سنجی بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس درختان سیب

Table 2. Timing results of recovery of apple trees pruning residues

اجزای هر سیکل	زمان (دقیقه بر تن)	زمان (درصد)
Components of each cycle	Time (minutes per ton)	Time (%)
جمع‌آوری و انتقال بقایا Collection and transfer of residues	140.8	37.76
استقرار دستگاه Deploymen	10	2.68
خرد کردن Chipping	110	29.50
بسته‌بندی Packaging	42.8	11.48
بارگیری Loading	11.4	3.05
انتقال به کارخانه Transfer to factory	36	9.65
تأخیر فنی Technical delay	21.8	5.84
زمان کل Total time	372.8	100

جدول ۳- مقدار تأخیرها در هر نوبت کاری دستگاه خردکن در بهره‌برداری بقایای هرس درختان سیب

Table 3. The amount of delays in each cycle of chipper in recovery of apple trees pruning residues

تأخیرها	تأخیر فنی	تأخیر شخصی	تأخیر اجرایی	زمان کل تأخیرها
Delays	Technical delay	Personal delay	Organizational delay	Total delay time
زمان (دقیقه بر تن)	21.8	8.8	10	40.6
Time (minutes per ton)				
زمان (درصد)	53.69	21.67	24.63	100
Time (%)				

تولید و هزینه
 مقدار تولید بقایا در هر هکتار ۱/۹۷ تن بوده و مقدار تولید خرده چوب در هر ساعت بین ۰/۱۵۳ تا ۰/۱۶۰ تن با توجه به احتساب یا عدم احتساب تأخیرها متغیر است (جدول ۴). درآمد حاصل از فروش هر تن خرده چوب به صنایع ۴/۵ میلیون ریال است. در نهایت محاسبات نشان داد که سود بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس درختان سیب حدود ۲/۹۵ میلیون ریال و معادل ۶۵ درصد درآمد حاصل از فروش خرده چوب است (جدول ۵).

جدول ۴- محاسبه هزینه دستگاه خردکن در بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس درختان سیب

Table 4. Calculate the costs of chipping machine in recovery of apple trees pruning residues

هزینه (ریال)	نوع هزینه	هزینه‌ها
Cost (Rial)	Type of cost	Costs
18621097	ثابت Fixed	استهلاک ماشین Depreciation of machine
9520000	ثابت Fixed	سود سرمایه Capital profit
2814109	ثابت Fixed	بیمه و مالیات Insurance and tax
22110		مجموع هزینه ثابت در ساعات کار مفید Total fixed cost during useful working hours
19347		مجموع هزینه ثابت در ساعات برنامه‌ریزی شده Total fixed cost at scheduled hours
5785	متغیر Variable	تعمیرات Repairs
8750	متغیر Variable	سوخت Fuel
2295	متغیر Variable	تایر و تیغه Tire and blade
16831	متغیر Variable	مجموع هزینه جاری Total current cost
38942		نرخ ماشین Machine rates

جدول ۵- محاسبه مقدار تولید، هزینه و سود بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس درختان سیب

Table 5. Calculate the amount of production, cost and profit of recovery of apple trees pruning residues

مقادیر عددی Numerical values	واحد Unit	تولید و هزینه Production and cost
38942	ریال در ساعت Rials per hour	نرخ ماشین Machine rates
93750	ریال در ساعت Rials per hour	هزینه کارگر و اپراتور دستگاه خردکن Cost of labor and chipper operator
45000	ریال در ساعت Rials per hour	هزینه حمل بقایا به دپو Cost of transporting to the depot
177692	ریال در ساعت Rials per hour	هزینه سیستم System cost
1.97	تن در هکتار Tons per hectare	مقدار تولید Production rate
0.153	تن در ساعت Tons per hour	مقدار تولید چپس با احتساب تأخیر Chips production rate with delay
0.160	تن در ساعت Tons per hour	مقدار تولید چپس بدون احتساب تأخیر Chips production rate without delay
1159735	ریال در تن Rials per ton	هزینه تولید با احتساب تأخیر Cost of production with delay
1104062	ریال در تن Rials per ton	هزینه تولید بدون احتساب تأخیر Cost of production without delay
1541562	ریال در تن Rials per ton	هزینه کل Total cost
4500000	ریال در تن Rials per ton	درآمد Income
2958437	ریال در تن Rials per ton	سود Profit
65.74	درصد Percentage	حداکثر سود نسبت به درآمد Maximum profit to income

استقرار کارخانه‌ها) و مقدار چپس تولیدی (حاصل ضرب مساحت باغات در مقدار تولید (۱/۹۷ تن در هکتار)) و دریافتی ارائه شده است. در مدل برنامه-ریزی خطی، مقادیر هزینه حمل (Cij) به‌عنوان ضریب Xij وارد تابع هدف (مینیم کردن هزینه حمل) شده‌اند.

تخصیص بهینه منابع حاصل از بهره‌برداری بقایای هرس شده درختان سیب
در جدول ۶ هزینه حمل هر تن منابع حاصل از بهره-برداری بقایای هرس شده درختان سیب با کامیون از مبدأ (استان‌های پرورش‌دهنده سیب) به مقصد (محل

جدول ۶- هزینه حمل (C_{ij}) (ریال بر تن) و مقدار چپیس حاصل از بهره‌برداری بقایای هرس شده درختان سیب
 Table 6. Transport cost (cij) (Rials per ton) and the amount of chips from recovery of apple trees pruning residues

مقدار چپیس تولیدی (تن در سال)	مساحت باغات سیب (هکتار)	مقصد (j)					هزینه حمل C _{ij} (ریال بر تن)	Transport cost C _{ij} (Rials per ton)
		Destination (j)						
Amount of produced chips (tons per year)	Area of apple orchards (hectares)	کرمان	اردبیل	گلستان	گیلان	مازندران		
		Kerman	Ardabil	Golestan	Gilan	Mazandaran		
18579.07	9431	3430000	2065000	1400000	1120000	700000	تهران Tehran	
20094	10200	4200000	910000	2905000	665000	2100000	زنجان Zanjan	
25152.96	12768	4900000	175000	3010000	910000	2226000	اردبیل Ardabil	
49037.24	24892	2380000	3045000	2870000	2240000	2502500	اصفهان Esfahan	
42291.96	2168	3150000	5180000	1680000	4270000	2569000	خراسان رضوی Khorasan Razavi	
73569.65	37345	5250000	770000	3920000	1715000	3139500	آذربایجان شرقی East Azarbaijan	
120233.04	61032	5806500	1225000	4095000	2205000	3619000	آذربایجان غربی Western Azerbaijan	
59111.82	30006	1960000	4690000	4130000	3920000	4207000	فارس Fars	
408069	مجموع چپیس (تن در سال) Total chips (tons per year)	25000	50000	100000	75000	158069	مقدار چپیس دریافتی (تن در سال) Amount of received chips (tons per year)	

مبدأ (i)
Origin (i)

مساوی بودن مقدار تقاضا در هر استان محل استقرار کارخانه‌ها از مقدار چپیس دریافتی است. نتیجه مدل برنامه‌ریزی خطی به روش حمل‌ونقل با الگوریتم سیمپلکس که کمترین هزینه حمل را به دنبال دارد، در جدول (۸) ارائه شده و جواب بهینه (حداقل هزینه انتقال) معادل ۹۴۲,۸۵۶,۸۶۷,۹۹۵ ریال به دست آمده است.

برای اجرای مدل برنامه‌ریزی خطی ۱۳ محدودیت در نظر گرفته شد که هشت محدودیت مربوط به عرضه و پنج محدودیت مربوط به تقاضا است (جدول ۷). محدودیت‌های عرضه شامل کوچک‌تر یا مساوی بودن مقدار عرضه منابع از هر استان از مقدار چپیس تولیدی در آن استان و محدودیت‌های تقاضا شامل بزرگ‌تر یا

جدول ۷- توابع محدودیت عرضه و تقاضا

Table 7. Supply and demand restriction functions

محدودیت‌های تقاضا		محدودیت‌های عرضه	
Demand restrictions		Supply restrictions	
تابع محدودیت	مقصد (j)	تابع محدودیت	مبدأ (i)
Restriction function	Destination (j)	Restriction function	Origin (i)
$\sum X_{i1} \geq 158069$	مازندران Mazandaran	$\sum X_{1j} \leq 18579/07$	تهران Tehran
$\sum X_{i2} \geq 75000$	گیلان Gilan	$\sum X_{2j} \leq 20094$	زنجان Zanjan
$\sum X_{i3} \geq 100000$	گلستان Golestan	$\sum X_{3j} \leq 25152/96$	اردبیل Ardabil
$\sum X_{i4} \geq 50000$	اردبیل Ardabil	$\sum X_{4j} \leq 49037/24$	اصفهان Esfahan
$\sum X_{i5} \geq 25000$	کرمان Kerman	$\sum X_{5j} \leq 42291/96$	خراسان رضوی Khorasan Razavi
		$\sum X_{6j} \leq 73569/65$	آذربایجان شرقی East Azarbaijan
		$\sum X_{7j} \leq 120233/04$	آذربایجان غربی Western Azarbaijan
		$\sum X_{8j} \leq 59111/82$	فارس Fars

جدول ۸- تخصیص بهینه منابع حاصل از بهره‌برداری بقایای هرس شده درختان سیب

Table 8. Optimal allocation of resources from recovery of apple trees pruning residues

مقصد (j)					مقدار چپیس (X _{ij}) (تن در سال)	مبدأ (i)
کرمان	اردبیل	گلستان	گیلان	مازندران		
Kerman	Ardabil	Golestan	Gilan	Mazandaran		
0	0	0	0	18579.07		تهران Tehran
0	0	0	20094	0		زنجان Zanjan
0	25152.69	0	0	0		اردبیل Ardabil
0	0	23596.96	0	25440.28		اصفهان Esfahan
0	0	42291.96	0	0		خراسان رضوی Khorasan Razavi
0	0	0	54906	18663.65		آذربایجان شرقی East Azarbaijan
0	24847.04	0	0	95386		آذربایجان غربی Western Azarbaijan
25000	0	34111.08	0	0		فارس Fars

صنایع چوبی محاسبه و در جدول زیر ارائه شده است. هزینه کل شامل حداقل هزینه حمل (جواب بهینه) و هزینه تولید بدون تأخیر است. همان‌طور که نشان داده شده است بهره‌برداری چوبی بقایای حاصل از هرس درختان سیب در هشت استان مهم پرورش‌دهنده این محصول با مقدار سود سالانه ۴۴۲ میلیارد ریال در کشور همراه خواهد بود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده مقدار کل چپیس تولیدی در ۸ استان برابر با ۴۰۸۰۶۹ تن در سال، هزینه تولید هر تن چپیس ۱۱۰۴۰۶۲ ریال و درآمد حاصل از فروش هر تن چپیس معادل ۴۵۰۰۰۰۰ ریال است. با توجه به مقادیر فوق و جواب بهینه حاصل از برنامه-ریزی خطی، هزینه، درآمد و سود حاصل از بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس سیب و انتقال آن به کارخانه‌های

جدول ۹- هزینه و سود کل تخصیص منابع حاصل از بهره‌برداری بقایای هرس شده درختان سیب (میلیارد ریال)
Table 9. Cost and total benefit of allocating resources from the recovery of apple trees pruning residues (Billion rials)

سود کل	درآمد کل	هزینه کل	هزینه تولید	حداقل هزینه حمل
Total profit	Total income	Total cost	Cost of production	Minimum transport cost
442	1836	1393	450	942

صنایع چوبی باشد. (Kargarfard et al. (2006) با بررسی استفاده از بقایای چوبی حاصل از هرس درختان سیب در تولید تخته‌خرده‌چوب نشان داده‌اند که تخته-خرده‌چوب ساخته‌شده از مخلوط چپیس سرشاخه سیب با صنوبر (۵۰ به ۵۰) مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بالاتری نسبت به تخته‌های ساخته‌شده از سرشاخه درخت سیب دارد. همچنین افزایش زمان پرس تأثیر مثبت بر چسبندگی داخلی نمونه‌های ساخته‌شده داشته است. (Enayati et al. (2008) با بررسی نسبت‌های مختلف چپیس سرشاخه سیب با خرده‌چوب صنعتی در ساخت تخته‌خرده‌چوب نشان داده‌اند که وجود خرده‌چوب سیب در ساختار تخته‌ها بر روی اغلب خواص فیزیکی و مکانیکی آن‌ها شامل مدول الاستیسیته، مقاومت خمشی، چسبندگی داخلی و مقدار جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تأثیر معنی‌داری داشته است. به‌طوری‌که با افزایش سهم خرده‌چوب سیب در مخلوط خرده‌چوب‌های مصرفی ویژگی‌های فوق بهبود پیدا کردند. Shayanfar and Refighi (2015) با بررسی امکان استفاده از

بحث

امروزه به‌دلیل کاهش سطح جنگل‌های تجاری کشور و رعایت برخی مسائل زیست‌محیطی بهره‌برداری از جنگل‌ها متوقف شده است و از سوی دیگر رشد جمعیت و افزایش تقاضا برای تخته‌خرده‌چوب، موجب افزایش تولید این محصول شده است. به‌طوری‌که مقدار تولید تخته‌خرده‌چوب از ۳۳۳ هزار مترمکعب در سال ۱۳۷۵ به ۹۲۰ هزار مترمکعب در سال ۱۳۹۴ افزایش یافته است (Esfandiyari, 2015)؛ بنابراین تأمین مواد اولیه برای صنعت تخته‌خرده‌چوب به مشکل جدی تبدیل شده است. تخته‌خرده‌چوب فرآورده‌ای است که از طیف وسیعی از مواد لیگنوسلولزی چوبی و غیرچوبی همراه با رزین (چسب) تحت شرایط پرس ساخته می‌شود. در کشور ما با توجه به سطح وسیع باغات (حدود ۲/۸۵ میلیون هکتار) و لزوم هرس سالانه درختان، حجم عظیمی از بقایای چوبی تولید می‌شود که پژوهش‌هایی در زمینه کاربرد این بقایا در ساخت تخته‌خرده‌چوب و کیفیت محصول تولیدی در کشور انجام شده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای جبران بخشی از کمبود مواد اولیه

باغات، موجب کاهش هزینه و افزایش سود مدیریت باغ می‌شود؛ بنابراین در این تحقیق قیمت خرید بقایا رایگان بوده است. مقدار تولید بقایا در هر هکتار معادل ۱/۹۷ تن و در هر ساعت بین ۰/۱۵۳ تا ۰/۱۶۰ تن است. درآمد حاصل از فروش هر تن خرده‌چوب ۴/۵ میلیون ریال و مقدار سود بهره‌برداری بقایا حدود ۲/۹۵ میلیون ریال به ازای هر تن است که معادل ۶۵ درصد درآمد است؛ بنابراین نتایج نشان داد که بهره‌برداری بقایا با استفاده از دستگاه خردکن به‌صورت ثابت در دیو و انتقال منابع حاصله به کارخانه‌ها با کامیون از نظر مقدار تولید و درآمد به‌صرفه است.

تخصیص بهینه منابع حاصل از هرس درختان سیب به صنایع چوبی با مدل برنامه‌ریزی خطی نشان داد که مینیمم هزینه حمل بیش از ۴۰۰ هزار تن خرده‌چوب از مبدأ به مقصد در حالتی اتفاق می‌افتد که منابع تولیدشده در استان تهران به کارخانه‌های مازندران، منابع تولیدشده در استان زنجان به گیلان و منابع استان خراسان رضوی به گلستان انتقال یابد و منابع تولیدشده در استان اردبیل در صنایع تخته‌خرده‌چوب همان استان مصرف شده و محصولات اصفهان به مازندران و گلستان عرضه شود. همچنین تولیدات آذربایجان غربی و شرقی به کارخانه‌های اردبیل، مازندران و گیلان منتقل شود و تولیدات استان فارس در اختیار صنایع استان کرمان و گلستان قرار گیرد. در این حالت کمترین هزینه حمل منابع حاصل از هرس درختان سیب از هشت استان مهم پرورش این گونه به صنایع تخته‌خرده‌چوب حدود ۹۵۰ میلیارد ریال خواهد بود و با احتساب درآمد حدود ۱۸۰۰ میلیارد ریالی این پروژه، سود سالانه معادل حدود ۴۵۰ میلیارد ریال در کشور حاصل خواهد شد. لازم به ذکر است که این پژوهش تنها به بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس درختان سیب پرداخته است که حدود ۹ درصد از سطح باغ‌های کشور را در برمی‌گیرد.

سرشاخه‌های هرس‌شده به‌عنوان ماده اولیه در صنعت تخته‌خرده‌چوب نشان داده‌اند که با تغییر مقدار رزین، زمان پرس، ترکیب خرده‌چوب حاصل از هرس با خرده‌چوب صنعتی و دیگر متغیرهای مؤثر در ساخت تخته‌خرده‌چوب می‌توان به کیفیت مطلوب و استاندارد دست یافت.

در تحقیق حاضر ارزیابی اقتصادی بهره‌برداری بقایای چوبی حاصل از هرس درختان سیب و تخصیص بهینه منابع به صنایع تخته‌خرده‌چوب بررسی شده است. نتایج نشان داد که بیشترین زمان در بررسی روند بهره‌برداری مربوط به مرحله جمع‌آوری و انتقال بقایا از پای درختان به دیوی موجود در هر باغ است. در این مرحله به‌دلیل اینکه امکان عبور ماشین‌آلات از لابه‌لای درختان در تمامی نقاط باغ وجود ندارد، انتقال بقایا به روش دستی انجام گرفته و زمان انجام عملیات افزایش یافته است. بازدهی دستگاه خردکن حدود ۹۰ درصد بوده و ۱۰ درصد مابقی (۴۰/۶ دقیقه بر تن) مربوط به تأخیرها بوده است که تأخیر فنی ۵۳ درصد از مجموع تأخیرها را شامل می‌شود. تأخیر فنی عموماً در اثر باز شدن اتصالات دستگاه، ضعیف و کند شدن تیغه‌ها و تعویض آن‌ها، گیرکردن بقایا لابه‌لای تیغه‌ها، شل شدن تسمه و ... حادث شده است. پژوهش Spinelli and Visser (2009) در مورد مقدار تولید و تأخیرها در عملیات چپس کردن چوب با ۳۶ ماشین خردکن متفاوت نشان داد که بازدهی متوسط خردکن‌ها بدون در نظر گرفتن نوع عملیات ۷۳/۸ درصد بوده و دوسوم مجموع زمان تأخیرها مربوط به تأخیر سازمانی هستند. بقایای حاصل از هرس درختان (با قطر کمتر از ۵ سانتی‌متر) به‌عنوان دورریز و ضایعات در باغات محسوب شده و هرساله باغداران هزینه خروج این بقایا از باغات و سوزاندن آن را متقبل می‌شوند. بهره‌برداری از بقایا و پرداخت هزینه جمع‌آوری و خروج آن‌ها از

بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس درختان علاوه بر فواید ذکرشده، در کاهش مقدار برداشت غیرمجاز چوب از جنگل‌های کشور و حفاظت از این جنگل بسیار مؤثر است. در سال‌های اخیر بر اساس طرح‌های جدید سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور بهره‌برداری چوب از جنگل‌های صنعتی شمال کشور متوقف شده است؛ اما برداشت غیرمجاز و قاچاق چوب همچنان یکی از بزرگ‌ترین معضلات بخش مدیریتی و حفاظتی این عرصه‌ها است و این چوب آلات عموماً در صنایع تخته‌خرده‌چوب مصرف می‌شوند؛ بنابراین چنانچه بخشی از کمبود مواد اولیه کارخانه‌ها از طریق منابع لیگنوسلولزی جدید داخلی مانند بقایای حاصل از هرس درختان تأمین شود، معضل قاچاق و برداشت غیرمجاز چوب تا حدود زیادی حل شده و این امر به‌طور غیرمستقیم حفاظت از عرصه‌های جنگلی را به‌همراه خواهد داشت.

حال اگر بقایای حاصل از هرس دیگر گونه‌های مشمر و غیرمشمر باغی را در نظر بگیریم، رقم مربوط به سود اقتصادی بسیار بیشتر خواهد بود و علاوه بر آن اشتغال-زایی برای جوانان و کشاورزان و توسعه روستایی را به‌همراه داشته و مواد اولیه پایدار صنایع تخته‌خرده-چوب در مناطق مختلف کشور تأمین خواهد شد. امروزه عمدتاً این بقایا در سطح کشور در حجم زیادی سوزانده شده و یا به‌عنوان زباله دفع می‌شود. دفع این منابع به‌عنوان ضایعات در مکان‌های تعیین‌شده برای دفن زباله، با توجه به اینکه کشور ما با مشکلات عدیده-ای در زمینه دفع زباله مواجه است، سطح زیادی از این مکان‌ها را اشغال کرده و این منابع ارزشمند از چرخه تولید و بهره‌برداری خارج می‌شود؛ بنابراین بهره‌برداری بقایای حاصل از هرس، معضل دفع زباله را برای کشاورزان، باغداران و شهرداری‌ها حل کرده و از سوزاندن حجم عظیمی از منابع و افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی جلوگیری خواهد شد.

References

- Ahmadi, K.; Gholizadeh, H.; Ebadzadeh, H.; Hatami, F.; Hosseinpour, R.; Kazemifard, R.; Abdshah, H., Agriculture-Iran-Statistics. 2017.
- Braghiroli, F. L.; Passarini, L., Valorization of biomass residues from forest operations and wood manufacturing presents a wide range of sustainable and innovative possibilities. *Current Forestry Reports* **2020**, 6 (2), 172-183.
- Dyjakon, A., The influence of apple orchard management on energy performance and pruned biomass harvesting for energetic applications. *Energies* **2019**, 12 (4), 632.
- Enayati, A. A.; Usefi, H.; Rasoli, D., Application of Apple pruning on particleboard manufacturing. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research* **2008**, 23 (1), 63-73.
- Esfandiyari, A. M., Comparison of production and consumption of particle board and MDF in different countries of the world and Iran. *Wood industries, furniture and paper* **2015**, 13 (97), 38-40 (In Persian).
- Ghaffariyan, M. R.; Spinelli, R.; Brown, M., A model to predict productivity of different chipping operations. *Southern Forests: A Journal of Forest Science* **2013**, 75 (3), 129-136.
- Hajjarian, M.; Hosseinzadeh, O., The role of educational and promotional activities on the performance of poplar farmers in Urmia, *Forest Research and Development* **2016**, 1 (3), 241-255 (In Persian).
- Kalagari, M.; Bagheri R., Ghasemi, R., Technical instructions for planting, holding and harvesting poplar, *Ministry of Jihad Agriculture* **2017**, 1-6 (In Persian).
- Kargarfard, A.; Hosseinzadeh A., Nourbakhsh, A., Utilization of apple wood prunings in particleboard production, *Pajouhesh & Sazandegi* **2006**, 73, 27-32 (In Persian).
- Lashkarbolouki, E.; Pourtahmasi, K., Oladi, R., Kalagari R., Alizadeh, H., Recognition and rating of effecting indexes on the consumption of pulp and paper industry production from different poplar plantation sites in Iran, *Iranian Journal of Wood and*

- Paper Industries* **2016**, 7 (3), 425-436 (In Persian).
- Lotfalian, M., 2011. Wood Transportation, AIJ-Man Graphics Publications, pp. 273-305 (In Persian).
- Magagnotti, N.; Pari, L.; Picchi, G.; Spinelli, R., Technology alternatives for tapping the pruning residue resource. *Bioresource technology* **2013**, 128, 697-702.
- Mohamadlu, A. R.; Ghalandari, E., Ebadi, B., Evaluation of the use of tree pruning and lignocellulosic waste in the preparation of wooden panels, Proceedinds of 1st National Conference on Wood & Lignocellulosic Products, Gonbad Qabus, Iran, 2015; 8p (In Persian).
- Nati, C.; Boschiero, M.; Picchi, G.; Mastrolonardo, G.; Kelderer, M.; Zerbe, S., Energy performance of a new biomass harvester for recovery of orchard wood wastes as alternative to mulching. *Renewable Energy* **2018**, 124, 121-128.
- Sarikhani, N. A., Forest Logging, *University of Tehran Press*, 2001. 728p (In Persian).
- Shayanfar, K.; Refighi, A., Investigating the possibility of using pruned branches as raw material in the particle board industry. Proceedinds of 1st National Conference on Wood & Lignocellulosic Products, Gonbad Qabus, Iran, 2015; 8p (In Persian).
- Spinelli, R.; Nati, C.; Pari, L.; Mescalchin, E.; Magagnotti, N., Production and quality of biomass fuels from mechanized collection and processing of vineyard pruning residues. *Applied Energy* **2012**, 89 (1), 374-379.
- Spinelli, R.; Visser, R. J., Analyzing and estimating delays in wood chipping operations. *biomass and bioenergy* **2009**, 33 (3), 429-433.
- Toupin, D.; LeBel, L.; Dubeau, D.; Imbeau, D.; Bouthillier, L., Measuring the productivity and physical workload of brushcutters within the context of a production-based pay system. *Forest Policy and Economics* **2007**, 9 (8), 1046-1055.
- Yiğit, M.; Çanakci, M., Comparison of the technical and economic performances of two different shredders on pomegranate pruning residues. *Spanish journal of agricultural research* **2020**, 18 (1), e0202.

Exploitation of tree pruning residues and their optimal allocation in the particle board industry

N. Gilanipoor¹, A. Najafi^{*2}, R. Spinelli³ and R. Naghdi⁴

1- Phd. Student of Forest Science, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Tehran, I. R. Iran. (gilanipoor.najibeh@yahoo.com)

2- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Tehran, I. R. Iran. (a.najafi@modares.ac.ir)

3- Ph.D. of Forest Engineering, CNR IVALSA, Sesto Fiorentino (FI), Italy. (spinelli@ivalsa.cnr.it)

4- Professor, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I. R. Iran. (naghdir@yahoo.com)

Received: 04.08.2020 Accepted: 24.11.2020

Abstract

In recent years, the general policy of Iran has been based on the decision to stop the exploitation of wood from the north industrial forests. While the population is increasing, the demand for wood is increasing. Therefore, it's necessary to find alternative sources to supply raw materials for the wood industry. In Iran, every year, a lot of wood waste is burned and wasted due to lack of development and promotion of appropriate exploitation methods. In present study the exploitation and optimal allocation of wood residues from pruning apple trees as raw material for the particle board industry has been investigated. Exploitation was carried out in apple orchards of Damavand city with a chipper and transported to factories by truck. Evaluations of the work process and the productivity and cost have been done with continuous timing method and optimal allocation have been made with the linear programming model by transportation method and simplex algorithm. The results showed that the longest recovery time of residues is related to collection and transfer to the depot and chipping them, respectively and the production of residues is 1.97 tons per hectare and the production of chips is 0.160 tons per hour. Also, the optimal allocation of 400,000 tons of resources from the exploitation of pruning residues of apple trees with a minimum cost of transportation (950 billion rials), while solving the problem of waste disposal and reducing environmental pollution will bring an annual profit of about 450 billion rials for the country and will be compensated part of the shortage of raw materials for the particle board industry.

Keywords: Continuous time study, Production rate, Minimum transport cost, linear programming model.

* Corresponding author

Tel: +989112144421

تأثیر شدت برداشت در شیوه جنگل‌شناسی تک‌گزینی بر زیست‌توده انجیلی - ممرز

محمود رداپی^۱، هاشم حبشی^{۲*}، رامین رحمانی^۳، شعبان شتایی^۴ و هرمز سهرابی^۵

- ۱- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران. (mah_radaei@yahoo.com)
- ۲- دانشیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران. (habashi@gau.ac.ir)
- ۳- دانشیار، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران. (rahmani@gau.ac.ir)
- ۴- استاد، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران. (shataee@gau.ac.ir)
- ۵- دانشیار، دانشکده منابع طبیعی نور، دانشگاه تربیت مدرس، ایران. (hsohrabi@modares.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۰۸

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۳/۰۳

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین تأثیر شدت بهره‌برداری در شیوه تک‌گزینی بر زیست‌توده درختان توده انجیلی - ممرز انجام شد. به‌این منظور در ۷۰ قطعه‌نمونه نیم‌هکتاری اطلاعات تمام درختان و خشکه‌دارها برداشت شد. تعداد ۳۵ قطعه‌نمونه در توده برداشت‌شده به شیوه تک‌گزینی با سه شدت برداشت قرار داشتند و معادل همین تعداد قطعه‌نمونه در توده شاهد بودند. لاشریزی درختان طی شش ماه از شهریور تا بهمن برداشت شد و ذخیره کربن آلی خاک با اندازه‌گیری کربن آلی و وزن‌مخصوص‌ظاهری خاک تعیین شد. سپس زیست‌توده درختان، لاشریزه، خشکه‌دار، ریشه، خاک و در نهایت زیست‌توده کل محاسبه شد. نتایج نشان داد که با افزایش شدت برداشت تا ۱۳/۵ درصد، روند تغییرات زیست‌توده کل افزایشی است هرچند شدت برداشت تأثیر معنی‌داری بر زیست‌توده روی‌زمینی، زیرزمینی و کربن آلی خاک نداشت. زیست‌توده روی‌زمینی در توده تک‌گزینی بیشتر از توده شاهد بود. میانگین زیست‌توده کل در توده برداشت‌شده انجیلی ممرز ۱۴۷ و در توده شاهد ۱۴۴ تن در هکتار بود و برداشت به‌طور متوسط دو درصد زیست‌توده کل را افزایش داد. در نهایت با توجه به نتایج این پژوهش شدت برداشت متوسط (۳/۶-۹/۵ درصد حجم سرپا) به‌عنوان شدت برداشت مناسب تعیین شد. تشابه وضعیت زیست‌توده لاشریزه و خشکه‌دار در دو توده به‌عنوان شاخص زیستی، گویای مناسب بودن شرایط نشانه‌گذاری در شیوه تک‌گزینی بود.

واژه‌های کلیدی: زیست‌توده، بهره‌برداری، لاشریزه، خشکه‌دار، تک‌گزینی.

مقدمه

به دلیل برداشت تمامی تاج پوشش سبب افزایش تجزیه و تصاعد شدید دی اکسید کربن اتمسفر خواهد شد (Jandl et al., 2007). حال آنکه برش های تک گزینی به دلیل حفظ بخشی از تاج پوشش درختان تأثیر چندانی بر تولید خالص اولیه نداشته و مقدار ترسیب کربن ثابت باقی خواهد ماند (Taylor et al., 2007). به هر حال اثر کاهش درختان برداشت شده در هر شیوه جنگل شناسی بر زیست توده در مقابل رویش ایجاد شده ناشی از افزایش تابش نور خورشید بر درختان باقی مانده توده و استقرار درختان در فضای باز از یکسو بایستی مورد توجه قرار گیرد و از سوی دیگر نقش افزایش تجزیه و تصاعد دی اکسید کربن به اتمسفر در مقابل افزایش رویش پوشش کف جنگل و لاشریزی درختان نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد. بنابراین مجموعه عوامل تأثیرگذار زیاد بوده و در نتیجه قضاوت در خصوص اثر شدت برداشت بر زیست توده را دشوار می سازد. بنابراین تعیین شدت برداشت مناسب در توده های جنگلی از مهم ترین دغدغه های مدیران جنگل است. اغلب مقالات چاپ شده داخلی در خصوص زیست توده به تعیین یا تخمین آن ها از طریق معادلات هندسی (Daryaei and Sohrabi, 2015) یا به کمک داده های ماهواره ای پرداخته اند (Pourazimi et al., 2017). Vafaei et al., 2017 و در جدیدترین آن ها Karamdoust Marian et al. (2018) تأثیر شدت برداشت را بر رویش حجمی معنی دار اعلام کرده و شدت برداشت متوسط (۱۳/۱ مترمکعب در هکتار) را مناسب ترین شدت معرفی کردند. با توجه به پژوهش های انجام شده می توان دریافت که تاکنون در جنگل های هیرکانی بررسی و بیان تغییرات زیست توده متأثر از برداشت و شدت های متفاوت انجام نشده است، بنابراین مهم ترین هدف این پژوهش تعیین تأثیر دخالت در شیوه

هیئت بین دولتی تغییرات آب و هوا یا IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change)، پنج مؤلفه کربن اکوسیستم زمینی شامل زیست توده درختان، لاشریزه، خشکه دار، زیست توده زیرزمینی (ریشه ها) و ماده آلی خاک را شناسایی و به عنوان اجزای اصلی زیست توده معرفی کرد (Kaiser et al., 2014) که سه مؤلفه اولی در سطح زمین قرار دارد و مجموع آن ها زیست توده روی زمینی (Aboveground Biomass) نامیده می شود. در بسیاری از اسناد توسعه پایدار مؤلفه های زیست توده روی زمینی، زیرزمینی و کربن آلی خاک به عنوان شاخص (Indicator) یا معیار (Criteria) شناخته شده اند (FAO, 2011). از این رو تعیین و اندازه گیری تغییرات آن ها می تواند معرف مدیریت پایدار جنگل تلقی شود. تغییرات زیست توده تحت تأثیر عوامل مدیریتی و دخالت انسانی (Yang et al., 2005)، بافت خاک، تولیدات گیاهی (Jandl et al., 2007)، وزن مخصوص ظاهری (Mund, 2004) و رژیم دخالت (Ruiz-Peinado et al., 2017) قرار دارد. از این رو دخالت های انسانی یکی از عوامل مهم مؤثر بر تغییرات زیست توده است.

دو فرضیه مهم در خصوص تأثیر دخالت و برداشت بر زیست توده وجود دارد که اولی کاهش زیست توده را در اثر برداشت ارائه می کند (Luyssaert et al., 2011; Naudts et al., 2016) و دومی تأثیر برداشت را غیر معنی دار اعلام می کند که ناشی از افزایش رویش درختان باقی مانده توده (Pretzsch., 2005; Bouriaud et al., 2019) و استقرار درختان در روشنیه های ایجاد شده است (Hu et al., 2020). در بیشتر موارد تأثیر شدت برداشت جنگل در خصوص شیوه های جنگل شناسی بررسی شده و اعلام شده برش قطع یکسره که نماینده برداشت با شدت زیاد است؛

تک‌گزینی بر پنج مؤلفه زیست‌توده انجیلی ممرز و نشان دادن تأثیر شدت برداشت بر تغییرات زیست‌توده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد بررسی در بخشی از سری‌های یک و دو (۱۳ پارسل از سری یک و ۱۱ پارسل از سری دو) طرح جنگلداری دکتر بهرام‌نیا (شصت‌کلاته) با طول جغرافیایی $26^{\circ} 21' 54''$ تا $24^{\circ} 24' 57''$ شرقی و عرض جغرافیایی $27^{\circ} 43' 36''$ تا $28^{\circ} 48' 36''$ شمالی در حوزه آبخیز ۸۵ اداره کل منابع طبیعی استان گلستان و در جنوب شرقی شهر گرگان واقع شده است. جهت عمومی دامنه، شمال غربی و محدوده ارتفاعی منطقه پژوهش ۳۰۰ تا ۷۵۰ متری از سطح دریا واقع شده است. از نظر طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه (بر اساس اطلاعات ۱۰ ساله ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد در فاصله پنج کیلومتری شمال منطقه طرح) دارای اقلیم مرطوب معتدل و میزان بارندگی متوسط سالانه آن ۶۴۹ میلی‌متر است که بین ۵۲۸ تا ۸۱۷ میلی‌متر متغیر است. پوشش گیاهی غالب منطقه تحقیق، درختان انجیلی، ممرز، بلوط، افرا و توسکا است (Habashi and Rafiee, 2019، Pourazimi et al., 2017). تیپ عمده پارسل‌های این پژوهش انجیلی ممرز است که در برخی پارسل‌ها گونه بلوط نیز با فراوانی سوم به آن‌ها اضافه می‌شود. قابل ذکر است این بخش از سری یک و دو طرح جنگلداری در محدوده ارتفاعی مشابه (دامنه ارتفاعی ۳۰۱ تا ۷۴۵ متر از سطح دریا) و فیزیوگرافی به نسبت یکنواختی (دامنه تغییرات شیب دو تا ۵۷ درصد) قرار دارد از این-رو تغییرات زیست‌توده در آن به احتمال زیاد ناشی از عوامل فوق نمی‌تواند باشد. نکته دوم آنکه تاریخچه برداشت در پارسل‌های مختلف سری یک محدوده پژوهش در بازه زمانی ده سال متفاوت است و رویش

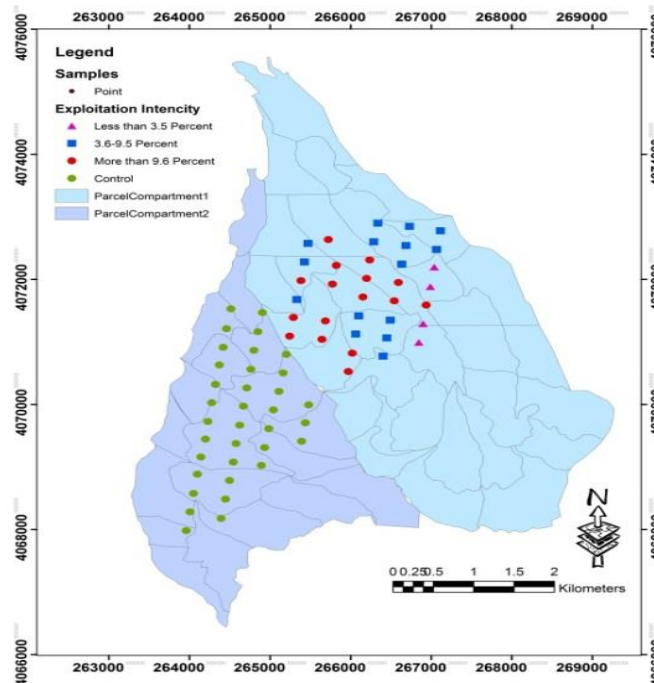
درختان باقی‌مانده در محدوده قطع درختان می‌تواند سبب افزایش زی‌توده شود (فرضیه دوم مطرح شده در بخش مقدمه) که این پژوهش در پی آزمون کردن آن است.

روش کار

اولین بهره‌برداری جنگل شصت‌کلاته در سال ۱۳۵۹ انجام شد و آخرین قطع درختان در جنگل شصت‌کلاته در سال ۱۳۹۶ انجام شد که مربوط به طرح تجدیدنظر دوم طرح جنگلداری در سری یک است. نمونه‌برداری در سال ۱۳۹۷ به روش منظم با شروع تصادفی و با ابعاد شبکه 400×300 متر انجام شد و در مجموع ۷۰ قطعه نمونه مستطیلی به مساحت نیم هکتار (حداقل سطحی که معرف توده جنگلی است) برداشت شد (شکل ۱). موقعیت مراکز تمامی قطعات نمونه با استفاده از دستگاه GPS تفاضلی با خطای کمتر از ۱۰ سانتی‌متر ثبت شد تا قابل بازیابی باشد. اطلاعات کلیه درختان شامل نوع گونه، قطر برابر سینه و ارتفاع کل اندازه‌گیری شدند. در ۱۲ پارسل مورد پژوهش از سری یک طی سه دوره طرح اولیه، طرح تجدیدنظر اول و دوم برداشت درختان انجام شد که در شکل یک نشان داده شده است. سپس با توجه به صورت‌مجلس حجم درختان برداشت‌شده از هر پارسل و حجم سرپای درختان شدت برداشت به سه طبقه کمتر از ۳/۵ درصد (میانگین حجم برداشت ۱/۱ متر مکعب در هکتار در سال و با عنوان شدت برداشت کم)، ۳/۶-۹/۵ درصد (میانگین حجم برداشت ۲/۲ متر مکعب در هکتار در سال و با عنوان شدت برداشت متوسط) و بیشتر از ۹/۶ درصد (میانگین حجم برداشت ۳/۳ متر مکعب در هکتار در سال و با عنوان شدت برداشت زیاد) حجم سرپا تقسیم شد. قابل ذکر است حجم درختان برداشت‌شده فقط در یک سال بوده ولی از آنجا که مربوط به دوره‌های ده‌ساله است (تمرکز در برداشت) اعداد بر حسب متر مکعب در هکتار در سال

وجود خواهد داشت. در سری دو (شاهد) هیچ گونه برداشتی انجام نشده است (شکل ۱).

محاسبه و بیان شده است. در این پژوهش منظور از شدت برش برداشت حجم در سطح مشخص است و سنوات گذشته از برش ها به عنوان عامل عدم قطعیت



شکل ۱- شبکه نمونه برداری در سری یک (برداشت شده) و دو (شاهد) جنگل شست کلاته گرگان

Figure 1. Sampling grid in district one (harvested) and two (control) of Shast-Kalate forest, Gorgan

زیست توده روی زمینی درختان = حجم درخت × وزن مخصوص خشک چوب × ضریب بسط زیست توده
حجم درخت از جدول حجم دو عامله جنگل شست کلاته با توجه به ارتفاع و قطر برابرسینه تعیین شد. وزن مخصوص چوب گونه ها از جداول موجود استفاده شد (Pourazimi, 2016). سپس با توجه به رابطه دو در رطوبت ۱۲ حد تعادل تصحیح شد و وزن مخصوص خشک به دست آمد (Reyes et al., 1992).
رابطه (۲)

$$\text{وزن مخصوص خشک چوب} = 0.134 + 0.08 \times \text{وزن مخصوص چوب}$$

ضریب بسط زیست توده نیز بر اساس رابطه سه تعیین شد (Brown and Lugo, 1992).

رابطه (۳)

حجم خشکه دار بر اساس شکل شامل کنده، تنه افتاده، درخت بادافتاده، سرپا بدون تاج، سرپای کامل و مازاد مقطوعات از روابط هندسی نلوئید ناقص، پارابلوئید ناقص و مخروط ناقص تعیین شد (Habashi, 1997) و زیست توده خشکه دار با استفاده از درجه پوسیدگی و نوع گونه از روی وزن مخصوص آن تعیین شد (Noori et al., 2013, Alidadi et al., 2014, 2017).
رابطه (۱)

زیست توده لاشریزه از طریق اندازه گیری توزین لاشریزی طی شش ماه لاشریزی و خزان منطقه پژوهش (شهریور تا بهمن ۱۳۹۷) تعیین شد (Barzegar, 2010). زیست توده درختان سرپا بر اساس روش فائو تعیین شد (رابطه یک، Pourazimi, 2016).

رابطه (۱)

$$\text{کربن} \% \times 10000 = \text{کربن آلی خاک}$$

$$\times \text{وزن مخصوص ظاهری}$$

$$\times \text{عمق خاک}$$

نرمال بودن توزیع مشاهدات توسط آزمون کولموگروف اسمیرنوف بررسی شد و در مواردی که توزیع غیرنرمال بودند از طریق تبدیل جانسون مشاهدات نرمال شدند. همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لون بررسی شد و از طریق آنالیز واریانس و آزمون تی مستقل معنی‌داری تفاوت میانگین‌ها بررسی و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون دانکن انجام شد.

نتایج

تراکم کلیه درختان و تراکم گونه‌های اصلی انجیلی و ممرز در توده تک‌گزینی بیشتر از توده شاهد بود. تراکم خشک‌دار افتاده و سرپا نیز در توده تک‌گزینی بیشتر بود هرچند در توده شاهد فراوانی خشک‌دار با درجه پوسیدگی سه به مراتب بیشتر از توده تک‌گزینی بود (جدول ۱). میانگین ارتفاع لوری (مناسب توده‌های ناهمسال) در توده تک‌گزینی ۱۷ درصد بیشتر از توده شاهد بود و اختلاف معنی‌داری داشتند.

$$\text{زیست-توده} = \exp(3.213 - 0.506 \ln(\text{زیست-توده}))$$

که در فرمول فوق زیست‌توده از ضرب حجم درختان (مترمکعب در هکتار) در وزن مخصوص چوب (تن در مترمکعب) به دست آمد. تعیین زیست‌توده زیرزمینی سخت و زمان‌بر و با عدم قطعیت بالایی همراه است (Beets et al., 2007). برای حل این مشکل IPCC رابطه چهار را برای تخمین زیست‌توده زیرزمینی پیشنهاد کرده که بر اساس بررسی رابطه بین زیست‌توده سطح و زیرسطح زمین در ۳۰ کشور به دست آمده و می‌توان آن را برای کلیه گونه‌ها در جنگل‌های معتدله به کار گرفت (Cairns et al., 1997).

$$\text{رابطه (۴)} = \text{زیست توده زیر زمینی}$$

$$\exp(-1/0.587 + 0/8836 \times \ln(\text{زیست توده روی زمینی}))$$

کربن آلی خاک در پنج قطعه نمونه یک مترمربعی از عمق صفر تا ۱۰ سانتی‌متر و با استفاده از استوانه‌های فلزی با حجم مشخص برداشت و از روش والکلی بلاک (Walkley-Black) تعیین شد. برای محاسبه کربن آلی خاک (تن در هکتار) از رابطه پنج استفاده شد (Pearson et al., 2007) که در آن وزن مخصوص ظاهری خاک بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب خاک و عمق نمونه‌برداری به سانتی‌متر است.

$$\text{رابطه (۵)}$$

جدول ۱- مشخصات توده‌های مورد بررسی در سطح ۳۵ هکتار

Table 1. Forest stands characteristics in the studied area at 35 ha

شاهد	تک‌گزینی	توده
Control	Harvested	Stand
35	35	تعداد نمونه
		Plot number
17.5	17.5	سطح (هکتار)
		Area (ha)

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین توده تک‌گزینی و شاهد در سطح ۹۵ درصد است.

The different letters indicate significant difference between the harvested and control stands at 95% probability level.

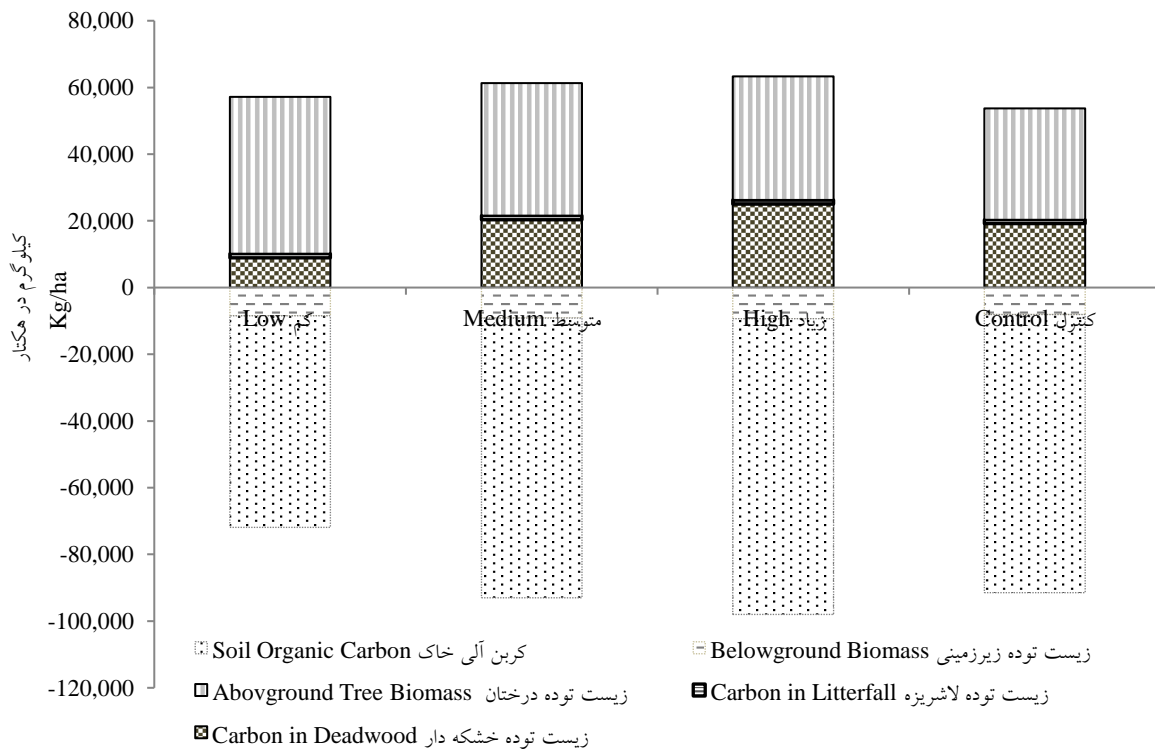
ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

شاهد	تک‌گزینی	توده
Control	Harvested	Stand
137 ^b	170 ^a	تراکم (تعداد در هکتار) Density (n/ha)
33.4 ^a	30.2 ^b	میانگین قطر برابر سینه (سانتیمتر) Mean DBH (cm)
19.54 ^b	22.91 ^a	میانگین ارتفاع لوری (متر) Mean height (m)
204.78 ^a	207.98 ^a	میانگین حجم درختان (مترمکعب در هکتار) Mean tree volume (m ³ /ha)
25.53 ^a	28.47 ^a	میانگین حجم خشک‌دار (مترمکعب در هکتار) Mean deadwood volume (m ³ /ha)
105.1 ^b	133.0 ^a	تراکم گونه‌های اصلی انجیلی و ممرز (تعداد در هکتار) Main species density (n/ha)
16 ^b	24 ^a	تراکم خشک‌دار (تعداد در هکتار) Deadwood density (n/ha)
30	41.7	1
39	43.6	2
30.4	14	3
0.6	0.7	4

حروف متفاوت نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین توده تک‌گزینی و شاهد در سطح ۹۵ درصد است.

The different letters indicate significant difference between the harvested and control stands at 95% probability level.

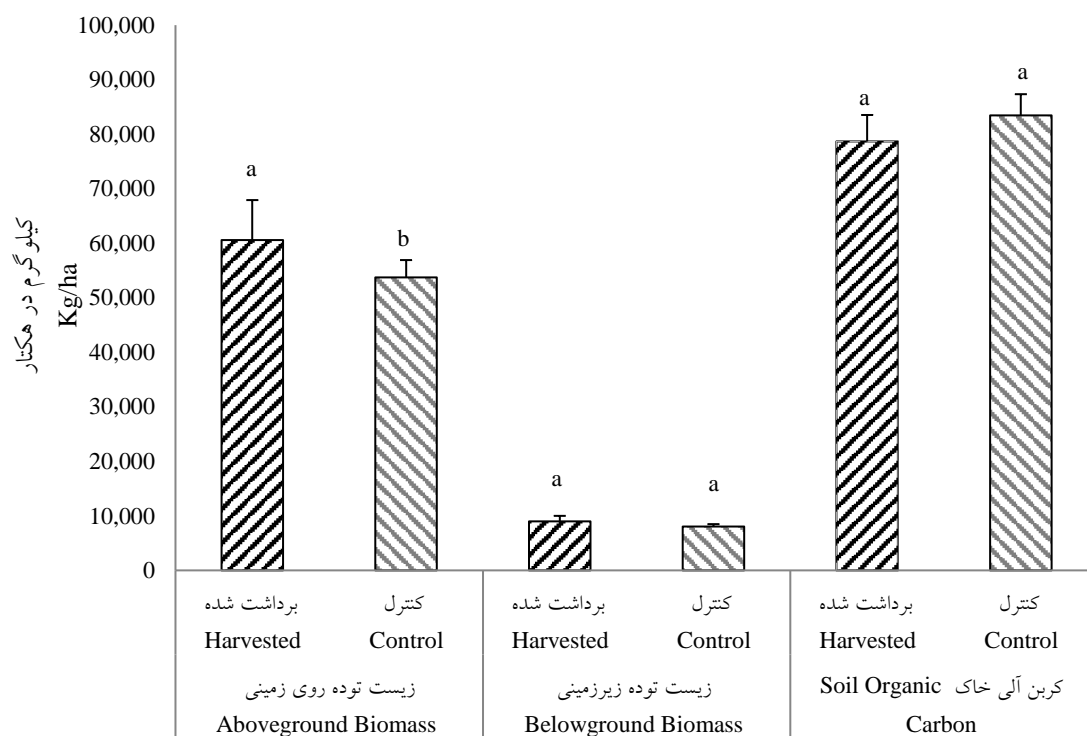


شکل ۲- روند تغییرات زیست‌توده در رابطه با شدت برداشت توده انجیلی - ممرز

Figure 2. Trends of biomass variability in relation with harvest intensity in hornbeam - Persian ironwood stand

مقدار بود حال آنکه این نسبت برای زیست‌توده روی‌زمینی در کمترین شدت برداشت مشاهده شد. گرچه شدت برداشت تأثیر معنی‌داری بر دو مؤلفه زیست‌توده زیرزمینی و کربن آلی خاک نداشت اما مقدار زیست‌توده روی‌زمینی در توده تک‌گزینی بیشتر از توده شاهد بود (شکل ۳).

تأثیر شدت برداشت بر تغییرات زیست‌توده در شکل فوق (شکل دو) نشان داده شده است. شدت برداشت تأثیری بر تغییرات زیست‌توده ایجاد نکرد هرچند افزایش شدت برداشت روند افزایشی بر اغلب مؤلفه‌های زیست‌توده داشت. نسبت زیست‌توده کربن آلی خاک به زیست‌توده کل در توده شاهد بیشترین



شکل ۳- مقایسه زیست‌توده در دو توده تک‌گزینی و شاهد (حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد است)

Figure 3. Comparison of biomass in harvested and control forests (different letters indicate significant difference at 95% probability level)

روی‌زمینی بین ۱۸ تا ۱۱۱ تن در هکتار در شدت برداشت کم زیست‌توده ۳۵-۸۶ تن، در شدت برداشت متوسط دامنه ۳۴-۱۱۰ تن و در شدت برداشت زیاد دامنه زیست‌توده ۳۰-۱۰۲ تن در هکتار بود. در جدول دو مشخصات تغییرات زیست‌توده ارائه شده است.

در توده شاهد میانگین زیست‌توده روی‌زمینی ۵۳ و در توده برداشت شده ۶۱ تن در هکتار بود. با افزایش شدت برداشت میانگین زیست‌توده روی‌زمینی افزایش یافت که علت آن افزایش کمپنه زیست‌توده روی‌زمینی بود به‌طوری که در توده شاهد دامنه زیست‌توده

جدول ۲- مشخصات زیست توده (کیلوگرم در هکتار) در توده‌های شاهد و برداشت شده

Table 2. Biomass characteristics (Kg/ha) in the control and harvested stands

Harvested stand			توده شاهد	زیست توده
توده تک‌گزینی (برداشت شده) با شدت			Control Stand	Biomass
بیشتر از ۹/۶ درصد	۹/۵ تا ۳/۶ درصد	کمتر از ۳/۵ درصد		
More than 9.6 percent	3.6-9.5 Percent	Less than 3.5 percent		
805-2030 1209.6±86.68	820-1716 1223.3±77.08	1140-1252 1189.5±26.4	708-2122 1206.9±78.33	لاشریزه litter fall
1639-73586 25052.6±5685.56	2788-81109 20346.5±5326.56	1199-16946 8948.8±3267.52	3107-72636 19154.4±2465.61	خشک‌دار Deadwood
15940-60085 37036.9±2652.21	22342-61129 39721.5±3034.12	24168-67594 47030.6±10075.96	10730-60405 33374.2±2103.97	درختان Trees
30389-101664 63299.3±5150.90	34441-109711 61291.3±4805.03	35561-85754 57168.9±12037.49	18144-110509 53735.5±3182.47	روی زمینی Aboveground
4170-12121 7934.1±572.37	4658-12965 7718.7±530.69	4791-10429 7238.6±1354.14	2644-13048 6859.5±357.77	زیرزمینی Belowground
48246-122508 88676.2±4896.68	53622-105072 83934.6±4581.66	54219-77520 63412.9±5071.58	62016-184212 83449.1±3892.12	کربن آلی خاک SOC
109852-194676 159909.6±6825.3	114086-194859 152944.7±5767.7	94571-154856 127820.3±12965.1	95908-303841 144043.9±6174.6	کل Total

در هر ردیف از مؤلفه‌های زیست توده بخش بالا دامنه و پایین میانگین \pm اشتباه معیار است.

In each row of biomass attributes, up shows range and down shows mean \pm standard error.

بحث

(Clarke et al., 2015). در بررسی حاضر تراکم همه

درختان و تراکم گونه‌های اصلی انجیلی و ممرز در توده تک‌گزینی بیشتر از توده شاهد بود که این موضوع با نتایج بررسی (Barzin et al., 2017) در طرح جنگلداری لوه و خان‌دوشان همخوانی داشت. در پژوهش مذکور توده مدیریت شده (به روش تک‌گزینی با تیپ ممرز بلندمازو) نسبت به توده شاهد تراکم بیشتر اما روی-زمینی و حجم سرپای درختان در هکتار کمتر داشت. هرچند در شیوه قطع یکسره مدت زمان لازم برای بازیابی تراکم توده به وضعیت قبل از برداشت تا ۴۶ سال ذکر شده است، لیکن در برداشت مربوط به شیوه گزینشی برداشت تأثیر معنی‌داری بر تراکم توده نداشته است (Hu et al., 2020). در توده تک‌گزینی انجیلی ممرز این پژوهش درختان قطربرابرسینه کمتر اما ارتفاع بیشتری نسبت به توده شاهد داشتند؛ در نتیجه حجم درهکتار درختان در دو توده تفاوت معنی‌داری

در این پژوهش اثر شدت برداشت بر زیست توده انجیلی-ممرز در جنگل شصت‌کلاته بررسی شد که بر اساس آگاهی کنونی، این نخستین پژوهش در این حوزه است. سه شدت برداشت در توده انجیلی ممرز نسبت به شدت برداشت در توده‌های جنگلی اروپا در محدوده کم تا نسبتاً زیاد قرار داشت (Levers et al., 2014) که نشان می‌دهد تغییرات احتمالی ایجاد شده می‌تواند به-عنوان تیمارهای قابل ملاحظه منظور شود. دامنه زیست توده کل در توده انجیلی ممرز در تمامی توده‌ها بین ۹۴ تا ۳۰۳ با میانگین ۱۴۶ تن در هکتار بود که در محدوده زیست توده جنگل‌های راش رومانی قرار دارد (Bouriaud et al., 2019) و گویای توان تولید مناسب توده انجیلی ممرز هیرکانی است. برش گزینشی یک روش برداشت برای ایجاد ساختار توده ناهمسال با برداشت تک‌درختان یا گروه‌های کوچک درختان است

پرنندگان، خزندگان، حشرات و قارچ‌ها محسوب می‌شوند (Rafiei Jahed et al., 2020). روند تغییرات زیست‌توده خشکه‌دار برخلاف زیست‌توده لاشریزه بود و با افزایش شدت برداشت شاهد روند افزایشی زیست‌توده خشک‌دار بودیم. نتایج نشان داد بیشترین زیست‌توده خشکه‌دار در بالاترین شدت بهره‌برداری وجود داشت، که مورد انتظار بود، چرا که در زمان جنگل‌گردشی و آماربرداری نیز بیشترین درخت بادافتاده در سری تک‌گزینی مشاهده شد. علت آن را می‌توان در کاهش تراکم و باز شدن بیشتر تاج‌پوشش توده دانست که موجب آشفستگی در توده و بروز بادافتادگی در توده تک‌گزینی شده است. در این بررسی فراوانی خشکه‌دار با درجه پوسیدگی دو بیشترین بود که قبلاً در پژوهشی در همین جنگل در توده دخالت‌نشده گزارش شد (Amiri et al., 2015). به‌رحال فراوانی بیشتری از خشکه‌دار جوان (درجه پوسیدگی یک) در توده تک‌گزینی نسبت به توده دخالت‌نشده وجود داشت که علت آن را می‌توان به مدت زمان لازم برای پوسیدگی در دو توده دانست (Sefidi et al., 2016). در توده دخالت‌نشده راش همین منطقه خشکه‌دار سرپا با درجه پوسیدگی یک و افتاده با درجه پوسیدگی دو بیشترین فراوانی را داشتند (Amiri et al., 2015). قابل ذکر است اختلاف معنی‌داری بین فراوانی انواع درجه‌های پوسیدگی خشکه‌دار بین دو توده وجود نداشت.

در این پژوهش تنها اختلاف معنی‌دار بین دو توده تک‌گزینی و شاهد در زیست‌توده روی‌زمینی وجود داشت. رویش درختان در جنگل می‌تواند تحت تأثیر عوامل درونی درخت و شرایط محیطی قرار گیرد که شامل ظرفیت تولیدی رویشگاه، عمق خاک، پاسخ به متغیرهای اقلیمی و نوری (Matala et al., 2009)، Cescatti and Piutti, 1999) بادهای دائمی در جنگل،

نداشت. تراکم بیشتر در توده تک‌گزینی سبب رقابت بیشتر و قطربرابرسینه کمتر درختان شده است.

برداشت در توده انجیلی ممرز سبب تغییر الگوی تخصیص زیست‌توده و تولید خالص اولیه شده که در جنگل‌های مختلف بسته به سن و شرایط منطقه متفاوت است (Zhao and Zhou, 2004). تخصیص زیست‌توده نقش بسیار مهمی را در چرخه کربن اکوسیستم جنگل با ایجاد تغییرات در فتوستتوز و تنفس و تولید زیست‌توده در اندام‌های مختلف درختان بازی می‌کند و در پژوهش‌های متعددی مورد بحث قرار گرفته است (Ruiz-Peinado et al., Bouriaud et al., 2019). تغییرات در تخصیص زیست‌توده روی رشد فردی گیاهان و به موجب آن روی بیوژنوشیمی زمینی، کیفیت لاشبرگ و لاشریزه، سرعت تجزیه، ترسیب کربن و نیتروژن و تبادل گاز بین گیاه و اتمسفر تأثیر می‌گذارد (Cropper and Gholz, 1994). اصولاً تولید لاشریزه درختان را معادل تولید ناخالص اولیه در هر اکوسیستم می‌دانند. در این پژوهش مشخص شد افزایش شدت برداشت سبب کاهش زیست‌توده لاشریزه می‌شود هرچند در کمترین شدت برداشت ۱۱ درصد زیست‌توده لاشریزه نسبت به شاهد افزایش یافت. گرچه درختان دارای سرشت‌های اکولوژیک، نیازهای رویشگاهی، سرعت رشد و دیرزیستی متفاوتی هستند؛ اما مشخص شد در کمترین شدت برداشت بیشترین مقدار افزایش تولید ناخالص از طریق تولید لاشریزه بیشتر صورت می‌گیرد. این موضوع ناشی از جوان‌سازی توده در اثر برداشت کم و فتوستتوز بیشتر ناشی از باز شدن تاج‌پوشش ارزیابی شد.

خشکه‌دار به‌عنوان درختان زیستگاهی نقش مهمی در حفظ تنوع زیستی دارد. آن‌ها شرایط مناسبی برای زادآوری ایجاد می‌کنند، مأمن و لانه مناسبی برای

تغییرات و شدت برداشت در توده قرار می‌گیرد (Kauffman et al., 2019). چنانچه در جدول سه مشاهده می‌شود روند تغییرات مؤلفه‌های زیست‌توده متأثر از شدت برداشت متفاوت است. در مورد زیست‌توده زیرزمینی و لاشریزه روند کاهشی با افزایش شدت برداشت به وجود آمد، حال آنکه در مورد زیست‌توده درختان، خشک‌دار و کربن آلی خاک روند افزایشی مشاهده شد. این موضوع سبب شد که میانگین تغییرات مجموع مؤلفه‌ها یا زیست‌توده کل تحت تأثیر شدت برداشت معنی‌دار نشود که مشابه نتیجه پژوهش Bouriaud et al. (2019) در جنگل راش رومانی بود. از طرفی Jang et al. (2015) در بررسی اثرات بلندمدت در توزیع زیست‌توده جنگلی با سطح برداشت‌های مختلف (زیاد، متوسط و کم) تحت سه برش زادآوری (قطع یکسره، پناهی و گروه‌گزینی) نشان دادند که کل منابع مواد آلی در سطح اکوسیستم در سطح برش‌ها مشابه بوده و هیچ تفاوتی بین تیمارهای بهره‌برداری برای تولید زیست‌توده روی زمینی، ۳۸ سال پس از برداشت مشاهده نشد. Karamdoust Marian et al. (2018) در بررسی تأثیر شدت بهره‌برداری بر رویش حجمی درختان بیان کردند که شدت برداشت تأثیر معناداری بر مقدار رویش حجمی درختان دارد و در نهایت شدت متوسط (۱۳ مترمکعب در هکتار) را به عنوان شدت برداشت مناسب اعلام کردند. با توجه به اختلاف کم زیست‌توده کل در شدت برداشت متوسط و زیاد از یک‌سو و شباهت روند تغییرات آن با توده شاهد از سوی دیگر این دو شدت برداشت می‌توانند مناسب باشند. به‌رحال مدیریت جنگل با برداشت شدید چوب خطر کاهش بهره‌وری را در طول زمان به دلیل تأثیرگذاری بر خواص خاک که منبع تأمین منابع برای رشد گیاه است را افزایش می‌دهد. به طوری که عموماً با افزایش حذف خالص مواد مغذی از یک

زوال جنگل، ظرفیت فتوسنتزی و سطح برگ درختان است (Amini et al., 2009). نتایج برخی پژوهش‌های خارج از کشور مانند Matala et al. (2009) و Hynynen et al. (2015) با توجه به تفاوت در روش‌ها، مجموعه داده‌ها و سناریوهای تحلیل‌شده قابل مقایسه با نتایج این پژوهش نیستند. به‌رحال افزایش معنی‌دار مقدار زیست‌توده روی زمینی درختان در توده تک‌گزینی نسبت به توده شاهد با نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش Mohammadi et al. (2014) در همین منطقه از آنجایی همخوانی دارد که در آن مشخصه‌های رویشی در توده برداشت‌شده بیشتر بوده است. علت این موضوع کاهش رقابت درختان در اثر برداشت و در نتیجه افزایش رویش درختان کم‌قطر، میان‌قطر و با قطر زیاد در توده برداشت شده است که در تحقیق Karamdoust Marian et al. (2018) نیز بیشترین رویش حجمی درختان در توده برداشت شده نسبت به شاهد گزارش شده است.

ذخیره کربن آلی خاک از تعادل بین ورودی کربن خاک از طریق لاشریزی و ته‌نشست اتمسفری با رهاسازی آن از طریق تجزیه حاصل می‌شود (Jandl et al., 2007). نتایج این پژوهش نشان داد شدت برداشت تغییرات معنی‌داری در کربن آلی خاک ایجاد نکرد هرچند روند تغییرات ذخیره کربن خاک با افزایش شدت برداشت افزایشی بود. گرچه در پژوهشی ثابت شده است که برداشت بیشتر سبب کاهش معنی‌داری کربن آلی خاک می‌شود (Zhou, Moslehi et al., 2017)؛ لیکن جمع‌بندی نتایج پژوهش‌های گذشته نشان داد که برداشت تغییرات معنی‌داری در کربن آلی خاک ایجاد نمی‌کند (Nave et al., 2010) که مشابه نتیجه این پژوهش است.

از طرفی شدت برداشت بر زیست‌توده کل موثر نبود. باید توجه داشت که زیست‌توده و مقدار مؤلفه‌های آن در توده‌های مختلف، به‌طور متفاوت تحت تأثیر نوع

مؤثر که در آن منابع فسیلی با منابع تجدیدپذیر جایگزین شده است برای کاهش تغییرات آب و هوایی، لازم است (FAO, 2011). در عین حال دیگر خدمات اکوسیستم، مانند تنوع زیستی جنگل، باید تأمین و حفظ شوند (Heinonena et al., 2017). از این رو پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده اثر شدت برداشت در شیوه‌های جنگل‌شناسی بر دیگر خصوصیات توده با در نظر گرفتن شاخص‌های تنوع زیستی در توده‌های مختلف جنگل - های شمال انجام شود. در انتها نویسندگان مقاله اذعان دارند که مدت زمان گذشته از برش‌ها در پارسل‌های مختلف با هم متفاوت است که می‌تواند در نتایج عدم قطعیت ایجاد کند. همچنین برداشت‌هایی مانند برداشت درختان بلوط توسط کشور روسیه در سالیان گذشته که فاقد اطلاعات آن هستیم نیز عدم قطعیتی در نتایج ایجاد خواهد کرد.

References

- Alidadi, F.; Marvi Mohajer, M.R., Etemad, V., Sefidi, K., The dynamics of beech and hornbeam dry rot in a mixed beech forest. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2014**, 22 (4), 624-635. (In Persian)
- Amini, M.; Namiranian, M., Sagheb Talebi, Kh., Amini, R., Investigation on the homogeneity of diameter increment models in *Fagus orientalis* trees. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2009**, 16 (4), 1-13. (In Persian)
- Amiri, M.; Rahmani, R.; Sagheb-Talebi, K.; Habashi, H., Structural characteristics of dead Wood in a natural untouched of *Fagus orientalis* Lipsky mixed stand forest (Case Study: Shastklateh Forest, Gorgan, Iran). *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2015**, 22 (1), 185-205.
- Barzegar, A. S., Comparison of the effect of canopy structure on precipitation evaporation in young and Elderly Oak, M.Sc. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2010; 60 p. (In Persian)
- Barzin, M.; Mohammadi, J., Shatayee, Sh., Mosavinejad, S.H., Comparison of quantitative and qualitative characteristics of structure of managed and unmanaged masses
- رویشگاه همراه است و همچنین بر فرآیندهایی مانند آبشویی، فرسایش و رشد پوشش گیاهی ناخواسته تأثیر می‌گذارد (DeBruler et al., 2019). از این رو بر اساس نتایج پژوهش که مبتنی بر مشخصه زیست‌توده است، شدت برداشت متوسط (۳/۶-۹/۵ درصد) به‌عنوان شدت برداشت مناسب تعیین شد. از سوی دیگر Moayeri et al. (2014) رویش حجمی را در جنگل‌های انجیلی ممرز ۵/۹ سیلو در هکتار گزارش کردند. متوسط برداشت در اروپا ۶۵ درصد رویش است (Forest Europe et al., 2011) که معادل ۳/۸ سیلو می‌شود که نزدیک به حد برداشت مناسب تعیین شده در این پژوهش می‌شود. در نهایت تجزیه و تحلیل تغییرات توده‌های بررسی شده، تفاوت معنی‌داری را در مؤلفه‌های زیست‌توده نشان نداد. افزایش تولید چوب و زیست‌توده برای حرکت به سمت جامعه کم کربن و با منابع (Case Study: Loveh forestry plan and household forestry plan). *Journal of Wood and Forest Science and Technology Research* **2017**, 24 (4), 217-236. (In Persian)
- Beets, P.; Pearce, S.; Oliver, G.; Clinton, P., Root/shoot ratios for deriving below-ground biomass of *Pinus radiata* stands. *New Zealand Journal of Forestry Science* **2007**, 37 (2), 267.
- Bouriaud, O.; Don, A.; Janssens, I.; Marin, G.; Schulze, E.-D., Effects of forest management on biomass stocks in Romanian beech forests. *Forest Ecosystems* **2019**, 6 (1), 1-15.
- Brown, S.; Lugo, A. E., Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia. Caracas* **1992**, 17 (1), 8-18.
- Cairns, M. A.; Brown, S.; Helmer, E. H.; Baumgardner, G. A., Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* **1997**, 111 (1), 1-11.
- Cescatti, A.; Piutti, E., A new detrending method for the analysis of the climatic-competition relations in tree rings sequences. *Tree ring analysis* **1999**, 17, 249-264.
- Clarke, N.; Gundersen, P.; Jönsson-Belyazid, U.; Kjønnaas, O. J.; Persson, T.; Sigurdsson, B. D.; Stupak, I.; Vesterdal, L., Influence of different tree-harvesting intensities on forest

- soil carbon stocks in boreal and northern temperate forest ecosystems. *Forest Ecology and Management* **2015**, 351, 9-19.
- Cropper Jr, W. P.; Gholz, H. L., Evaluating potential response mechanisms of a forest stand to fertilization and night temperature: a case study using *Pinus elliottii*. *Ecological Bulletins* **1994**, 154-160.
- Daryaei, A.; Sohrabi, H., Aboveground biomass estimation of small diameter trees of *Carpinus betulus*, *Fagus orientalis* and *Parrotia persica* by using power regression model. *Journal of Wood & Forest Science and Technology* **2015**, 22 (2), 137-150. (In Persian)
- DeBruler, D. G.; Schoenholtz, S. H.; Slesak, R. A.; Strahm, B. D.; Harrington, T. B., Soil phosphorus fractions vary with harvest intensity and vegetation control at two contrasting Douglas-fir sites in the Pacific northwest. *Geoderma* **2019**, 350, 73-83.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Bioenergy and food security criteria and indicators (BEFSCI) project - A compilation of bioenergy sustainability initiatives, Rome, 2011; 65 p.
- Forest Europe, UNECE, FAO, State of Europe's forests 2011. Status and trends in sustainable forest management in Europe. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Forest Europe Liaison Unit Oslo, Aas, 2011; 337 p.
- Habashi, H., Studying the importance of dead trees in Vaz forest of Mazandaran, Ms.C Thesis. Forestry, natural resources faculty, Tarbiat Modares University, 1997; 127 p. (In Persian)
- Habashi, H.; Rafiee, F., Variables influencing humus forms differentiation in Hyrcanian forest in the local scale (Case study: Shast-Kalateh Gorgan). *Journal of Forest Research and Development* **2019**, 5 (3), 343-356. (In Persian)
- Heinonen, T.; Pukkala, T.; Mehtätalo, L.; Asikainen, A.; Kangas, J.; Peltola, H., Scenario analyses for the effects of harvesting intensity on development of forest resources, timber supply, carbon balance and biodiversity of Finnish forestry. *Forest Policy and Economics* **2017**, 80, 80-98.
- Hu, J.; Herbohn, J.; Chazdon, R. L.; Baynes, J.; Vanclay, J. K., Above-ground biomass recovery following logging and thinning over 46 years in an Australian tropical forest. *Science of the Total Environment* **2020**, 734, 139098.
- Hynynen, J.; Salminen, H.; Ahtikoski, A.; Huuskonen, S.; Ojansuu, R.; Siipilehto, J.; Lehtonen, M.; Eerikäinen, K., Long-term impacts of forest management on biomass supply and forest resource development: a scenario analysis for Finland. *European Journal of Forest Research* **2015**, 134 (3), 415-431.
- Jandl, R.; Lindner, M.; Vesterdal, L.; Bauwens, B.; Baritz, R.; Hagedorn, F.; Johnson, D. W.; Minkinen, K.; Byrne, K. A., How strongly can forest management influence soil carbon sequestration? *Geoderma* **2007**, 137 (3-4), 253-268.
- Jang, W.; Keyes, C. R.; Page-Dumroese, D. S., Long-term effects on distribution of forest biomass following different harvesting levels in the northern Rocky Mountains. *Forest Ecology and Management* **2015**, 358, 281-290.
- Kaiser, I. M.; Aatif, H.; Ajeet, K.N., An overview of biomass estimation methods. *Research Journal of Social Science and Management* **2014**, 10, 42- 57.
- Karamdost Marian, B.; Bonyad, A.; Tavankar, F., Effect of harvest intensity on volume growth of mixed beech stands in Asalem Nav forests. *Journal of Forest Research and Development* **2019**, 4 (4), 533-547.
- Kauffman, J. B.; Ellsworth, L. M.; Bell, D. M.; Acker, S.; Kertis, J., Forest structure and biomass reflects the variable effects of fire and land use 15 and 29 years following fire in the western Cascades, Oregon. *Forest Ecology and Management* **2019**, 453, 117570.
- Levers, C.; Verkerk, P. J.; Müller, D.; Verburg, P. H.; Butsic, V.; Leitão, P. J.; Lindner, M.; Kuemmerle, T., Drivers of forest harvesting intensity patterns in Europe. *Forest Ecology and Management* **2014**, 315, 160-172.
- Luyssaert, S.; Hessenmöller, D.; Von Lüpke, N.; Kaiser, S.; Schulze, E., Quantifying land use and disturbance intensity in forestry, based on the self-thinning relationship. *Ecological Applications* **2011**, 21 (8), 3272-3284.
- Matala, J.; Kärkkäinen, L.; Härkönen, K.; Kellomäki, S.; Nuutinen, T., Carbon sequestration in the growing stock of trees in Finland under different cutting and climate scenarios. *European Journal of Forest Research* **2009**, 128 (5), 493-504.

- Moayeri, M. H.; Hatami, N., Comparison of estimating methods of the allowable cut in the district one of Dr. Bahramnia Forest Management Plan. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2014**, *21* (3), 93-112.
- Mohammadi, J.; Shatayee, Sh., Namiranian, M., Comparison of quantitative and qualitative characteristics of structure and composition of natural and managed stands. Shast Kalate forest, Gorgan. *Journal of Wood and Forest Science and Technology Research* **2014**, *21* (21), 1-11. (In Persian)
- Moslehi, M.; Habashi, H.; Rahmani, R.; Sohrabi, H.; Saghebtalebi, K., Soil organic carbon and soil organic carbon pool in the managed and unmanaged beech-hornbeam stand. *Journal of Environmental Science and Technology* **2017**, *19* (4), 437-450.
- Mund, M., Carbon pools European beech forests (*Fagus sylvatica*) under different silvicultural management, Ph.D. dissertation, Gottingen University, 2004; 263 p.
- Naudts, K.; Chen, Y.; McGrath, M. J.; Ryder, J.; Valade, A.; Otto, J.; Luyssaert, S., Europe's forest management did not mitigate climate warming. *Science* **2016**, *351* (6273), 597-600.
- 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.
- Noori, Z.; Feghhi, J., Marvi Mohajer, M.R., Spatial distribution pattern and volume of droughts in the northern part of Iran (Case studies: Grazban section of Kheirood forest). *Iranian Journal of Natural Ecosystems Research* **2013**, *5* (1), 1-14. (In Persian)
- Pearson, T. R., *Measurement guidelines for the sequestration of forest carbon*. US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station: 2007; Vol. 18.
- Pourazimi, M., Estimation and comparison of forest land carbon storage in unmanaged and managed stands of Dr. Bahramnia forestry plan using LIDAR, radar and aerial digital camera data. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Thesis, 2016; 177 p. (In Persian)
- Pourazimi, M.; Shatayee, Sh., Attarchi, S., Mohammadi, J., Estimation of ground mass of Hyrcanian forests using Alos-Palsar radar data Case Study: Shast Kalate Gorgan. *Iranian Journal of Natural Resources* **2017**, *27* (3), 488-479. (In Persian)
- Pretzsch, H., Stand density and growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.): evidence from long-term experimental plots. *European Journal of Forest Research* **2005**, *124* (3), 193-205.
- Rafiei Jahed, R. R.; Kavousi, M. R.; Farashiani, M. E.; Sagheb-Talebi, K.; Babanezhad, M.; Courbaud, B.; Wirtz, R.; Müller, J.; Larrieu, L., A comparison of the formation rates and composition of tree-related microhabitats in beech-dominated primeval Carpathian and Hyrcanian forests. *Forests* **2020**, *11* (2), 144.
- Rahanjam, S.; Marvi Mohajer, M.R., Zobieri, M., Sefidi, K., Quantitative and qualitative study of droughts in the natural masses of Hyrcanian forests (Case study: Grazeban series of Kheirood forest, Nowshahr). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, *25* (4), 666-656. (In Persian)
- Reyes, G.; Brown, S., Chapman, J., Lugo, A. E., Wood densities of tropical tree species. USDA Forest Service, General Technical Report SO-88, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana, USA. 1992. 32pp.
- Ruiz-Peinado, R.; Oviedo, J. A. B.; Senespleda, E. L.; Oviedo, F. B.; del Río Gaztelurrutia, M., Forest management and carbon sequestration in the Mediterranean region: A review. *Forest Systems* **2017**, *26* (2), 10.
- Sefidi, K.; Esfandyari, F., Sharari, M., The decay time and rate determination in oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) dead trees in Asalem forests. *Journal of Environmental Studies* **2016**, *42* (3), 551-563.
- Taylor, A. R.; Wang, J. R.; Chen, H. Y., Carbon storage in a chronosequence of red spruce (*Picea rubens*) forests in central Nova Scotia, Canada. *Canadian Journal of Forest Research* **2007**, *37* (11), 2260-2269.
- Vafaei, S.; Soosani, J.; Adeli, K.; Fadaei, H.; Naghavi, H., Estimation of aboveground biomass using optical and radar images (case study: Nav-e Asalem forests, Gilan). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2017**, *25* (2).
- Yang, Y. S.; Guo, J.; Chen, G.; Xie, J.; Gao, R.; Li, Z.; Jin, Z., Carbon and nitrogen pools in Chinese fir and evergreen broadleaved forests and changes associated with felling and burning in mid-subtropical China. *Forest Ecology and Management* **2005**, *216* (1-3), 216-226.

Zhao, M.; Zhou, G.-S., Estimation of biomass and net primary productivity of major planted forests in China based on forest inventory data. *Forest Ecology and Management* **2005**, *207* (3), 295-313.

Zhou, X.; Zhou, Y.; Zhou, C.; Wu, Z.; Zheng, L.; Hu, X.; Chen, H.; Gan, J., Effects of cutting

intensity on soil physical and chemical properties in a mixed natural forest in southeastern China. *Forests* **2015**, *6* (12), 4495-4509.

The Effect of harvesting intensity in single-tree selection on biomass of hornbeam - Persian ironwood stand

M. Radaei¹, H. Habashi^{*2}, Rahmani³, Sh. Shataee⁴ and H. Sohrabi⁵

1- Ph.D. Student of Silvicultural and Forest Ecology, Faculty of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (mah_radaei@yahoo.com)

2- Associate Professor, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (habashi@gau.ac.ir)

3- Associate Professor, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (rahmani@gau.ac.ir)

4- Professor, Faculty of Forest Science, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (shataee@gau.ac.ir)

5- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, I. R. Iran. (hsohrabi@modares.ac.ir)

Received: 23.05.2020 Accepted: 28.11.2020

Abstract

The present study aims to evaluate the effect of single-tree selection harvest intensity on biomass of hornbeam-Persian ironwood stand. For this purpose, information on all trees and dead trees were collected in 70 half-hectare plots. The 35 sample plots were in single-tree selection stands with three harvest intensities and the same sample plots were in control stand. Trees litter fall were measures from September to February and the storage of soil organic carbon was determined through organic carbon and bulk density. Then, tree biomass, litter biomass, dead tree biomass and total biomass were finally calculated. The results showed with increasing the rate of harvest intensity up to 13.5% the total biomass had rising trends, although harvest intensity had no significant effect on aboveground and belowground biomass and soil organic carbon. The aboveground biomass was higher in single-tree selection stand than control stand. The average of total biomass was 147 and 144 ton/ha in harvest and control hornbeam-Persian ironwood stands respectively and harvesting increased two percent of mean total biomass. The medium harvest intensity (3.6-9.5% of stand volume) was finally determined as appropriate selective logging intensity. The correspondence of litter biomass and dead tree biomass as bio indicator indicated that tree marking in the single-tree selection system was advisable.

Keywords: Biomass, Harvest, Litter, Dead tree, Selection system.

* Corresponding author

Tel: +989113701070

کاربرد شاخص‌های DEI و MEI در ارزیابی تأثیر قطعه‌قطعه‌شدن رویشگاه‌های بلوط بر تنوع گونه‌ای و ویژگی‌های شیمیایی خاک

گلاره ولدی^۱، جواد اسحاقی‌راد*^۲، یحیی خداکرمی^۳، مصطفی نعمتی پیکانی^۴ و کارن هارپر^۵

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (gelarehvaladi@gmail.com)

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (j.eshagh@urmia.ac.ir)

۳- پژوهشگر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. (ykhodakarami@gmail.com)

۴- پژوهشگر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. (paykanim@gmail.com)

۵- استاد، دانشکده مطالعات محیطی، دانشگاه Saint Mary's، هالیفاکس، کانادا. (Karenharper@eastlink.ca)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۱۳

چکیده

برای معرفی و کاربرد شاخص DEI جهت تعیین فاصله اثر حاشیه‌ای و شاخص MEI برای تعیین شدت اثر حاشیه‌ای جنگل بر گونه‌های علفی و ویژگی‌های شیمیایی خاک، سه قطعه جنگلی (زیر ۱۰ هکتار) از جنگل‌های بلوط استان کرمانشاه با شرایط مشابه از نظر شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا انتخاب شدند. در هر قطعه سه ترانسکت ۱۵۰ متری با فاصله ۲۰۰ متر در جهت شیب پیاده شد. اندازه‌گیری پوشش علفی و ویژگی‌های شیمیایی خاک در فواصل ۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر انجام شد. نتایج نشان داد مقادیر شاخص MEI برای متغیرهای خاک (غیر از نیتروژن، کربن آلی و pH) مثبت بود. همچنین مقادیر این شاخص برای غنا گونه‌ای، تنوع شانون وینر و یکنواختی مثبت بود. مقادیر شاخص DEI برای متغیرهای خاک (غیر از pH) برابر با ۲۵ متر و برای شاخص‌های تنوع برابر با ۵۰ متر بود. متغیرهای خاک (غیر از فسفر) تفاوت معنی‌داری را در فواصل مختلف از حاشیه نشان ندادند. همچنین تغییرات غنا و مشخصات شیمیایی خاک در این جنگل‌ها در فاصله ۰-۵۰ متر دیده شد. به‌طور کلی در جنگل‌های تنک بلوط، فرآیند قطعه‌قطعه شدن و اثر حاشیه‌ای بر غنا و مشخصات شیمیایی خاک تأثیر می‌گذارد.

واژه‌های کلیدی: اثر حاشیه‌ای، جنگل زاگرس، قطعات جنگلی، گونه‌های علفی.

(Gehlhausen et al., 2000). در این زمینه، طبق پژوهش Eshaghirad et al. (2015) در جنگل‌های بلوط غرب عنوان شده است که تعداد ۱۵ گونه فقط در حاشیه جنگل و ۵ گونه تنها در داخل جنگل دیده شد. بررسی ویژگی‌های ریزاقليم و غنا گونه‌ای در حاشیه و مناطق داخلی جنگل‌های بارانی (فاصله ۸۰ متر از حاشیه) نشان داد مقدار نور، سرعت باد، دما و غنا گونه-ای در حاشیه بیشتر از داخل جنگل بود. همچنین گزارش شد که تأثیر حاشیه بر روی ریزاقليم حداقل تا ۴۰ متری از حاشیه مؤثر است و تغییرات باد، رطوبت و حرارت در تغییرات فاصله به عامل‌های مختلف مانند توپوگرافی، تاج‌پوشش و تراکم زیراشکوب بستگی دارد (Colley et al., 2000). در پژوهش دیگر تأثیرات حاشیه بر رویش جنگل با افزایش فاصله از حاشیه (۰، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ متر) در طول ۱۲ ترانسکت در شرق آمریکا بررسی شد و نتایج نشان داد رویش گیاهان سایه‌پسند در نزدیک حاشیه کاهش یافت (Dovciak and Brown, 2014). به‌علاوه ویژگی‌های خاک، چرخه غذایی، نرخ تجزیه لاشبرگ و رطوبت خاک در نزدیکی حاشیه تغییر می‌یابد. در این زمینه ثابت شد همه ویژگی‌های خاک و تنوع گونه‌های چوبی در نزدیکی حاشیه بیشتر از داخل جنگل در جنگل‌های جنوب آفریقا بود (Ruwanza, 2018). رابطه بین تغییرات موجودی کربن خاک و فاصله از حاشیه در قطعات جنگلی ۱، ۱۰ و ۱۰۰ هکتاری در جنگل آمازون نشان داد که بیشترین تغییرات کربن در قطعات نمونه نزدیک حاشیه (کمتر از ۱۰۰ متر) به دلیل افزایش نرخ مرگ‌ومیر ناشی از تغییرات ریزاقليمی بود (Barros and Fearnside, 2016). همچنین نتایج حاصل از بررسی تأثیر حاشیه بر ماده آلی و ویژگی‌های خاک در یک توده‌ی ۱۳ هکتاری در جنوب برزیل نشان داد تغییرات تا فاصله ۵۰ متری مشاهده می‌شود و تغییرات مقدار

قطعه‌قطعه‌شدن جنگل به‌عنوان یکی از عوامل اصلی کاهش تنوع زیستی و یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی معرفی شده است (Robinson and Sherry, 2012). فرآیند قطعه‌قطعه‌شدن معمولاً توسط فعالیت‌های انسانی انجام می‌شود، استفاده‌های مختلف از زمین مانند کشاورزی و چرا، قطعات نامنظم با مساحت‌های مختلف را ایجاد می‌کند (Laurance, 2004) گونه‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی را در مقابل قطعه‌قطعه‌شدن نشان می‌دهند: فراوانی بعضی از گونه‌ها افزایش و برخی به‌طور محلی منقرض می‌شوند و فهم این الگوهای متفاوت در برنامه‌های حفاظتی اهمیت زیادی دارد (Aguirre-Gutiérrez, 2014). یکی از اثرات مهم قطعه‌قطعه‌شدن در جنگل ایجاد حاشیه است و تحقیقات نشان داده است که با کاهش اندازه قطعات، تأثیرات حاشیه بر جنگل و پوشش گیاهی افزایش می‌یابد (Fernando et al., 2017). ازدست‌رفتن بخشی از رویشگاه و کاهش سطح رویشگاه موجب افزایش حاشیه جنگل و تأثیرات تغییرات حاشیه به سمت داخل جنگل می‌شود. تأثیرات حاشیه به‌عنوان تغییرات زیستی و غیرزیستی در مرز رویشگاه نسبت به داخل جنگل است (Cadenasso et al., 2003). به‌طور کلی در حاشیه ایجادشده، انتقال نور بیشتر، افزایش دما و کاهش رطوبت دیده می‌شود (Ries et al., 2004) و تغییرات ریزاقليم (نور، باد، بارش، دما و رطوبت) در حاشیه جنگل بر روی ساختار و عملکرد اکوسیستم تأثیر می‌گذارد (Colley et al., 2000). به‌علاوه حاشیه‌ها تغییراتی را در عامل‌های محیطی که تأثیر مستقیمی را بر تنوع گونه‌ای دارند ایجاد می‌کنند (Aragon et al., 2015). حاشیه جنگل ممکن است شرایطی را ایجاد کند که سبب ایجاد اختلاف ترکیب گونه‌ای در حاشیه‌های جنگل با ترکیب گونه‌ای داخل محدوده جنگل شود

MEI در قطعات جنگلی جنگل‌های بلوط استان کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش

منطقه مورد بررسی

این بررسی در جنگل‌های بلوط استان کرمانشاه با عرض جغرافیایی "۲۰/۳۷' ۱' ۳۴° شمالی و طول جغرافیایی "۵۴/۹۳' ۲۳' ۴۶° شرقی و میانگین ارتفاعی ۱۶۵۰ متر بالاتر از سطح دریا انجام شد. میانگین بارش سالیانه و دمای سالیانه به ترتیب، ۴۸۹ میلی‌متر و ۲۱/۴ درجه سانتی‌گراد است. گونه اصلی در این جنگل‌ها *Quercus branti* Lindle است و *Amigdalus lycyode* و *Cerasus microcarpa* به عنوان گونه‌های همراه است. تراکم در این جنگل‌ها ۷۰ پایه در هکتار و تاج‌پوشش کمتر از ۵۰ درصد است. جنگل - زدایی و فعالیت‌های انسانی تخریب‌هایی را در مناطق مختلف این جنگل‌ها به وجود آورده که منجر به ایجاد قطعات جنگلی با مساحت‌های مختلف شده است.

روش پژوهش

برای بررسی اثر حاشیه‌ای بر گونه‌های علفی و ویژگی‌های خاک سه قطعه جنگلی (زیر ۱۰ هکتار) از جنگل‌های بلوط منطقه با شرایط مشابه از نظر شیب، جهت و ارتفاع از سطح دریا انتخاب شد. در هر قطعه سه ترانسکت با فاصله ۲۰۰ متر در جهت شیب پیاده شد (اولین ترانسکت به صورت تصادفی پیاده شد). اندازه - گیری پوشش علفی و ویژگی‌های خاک در هر ترانسکت در فواصل ۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ متر انجام شد (Mendes et al., 2016). برای برداشت پوشش علفی، در هر نقطه نمونه برداری، نزدیک‌ترین درخت به ترانسکت انتخاب و از پایه درخت به سمت فضای باز ۵ قطعه نمونه ۰/۲۵ مترمربعی (۰/۵×۰/۵ متر) با فاصله یک متر از هم عمود بر ترانسکت در سمت چپ و

فسفر و کلسیم و مواد آلی خاک به نوع پوشش گیاهی بستگی دارد (Schroder and Fleig, 2017). در پژوهش دیگر بررسی مواد آلی و معدنی خاک با فاصله از حاشیه جنگل در کانادا نشان داد که مواد آلی و رطوبت خاک با فاصله از حاشیه کاهش یافت ولی تغییرات آن معنی - دار نبود، اما تغییرات pH با فاصله از حاشیه معنی‌دار بود (Marchand and Houle, 2006) و طبق پژوهش Freitas et al. (2006) از ۲۱ متغیر خاک اندازه‌گیری - شده در حاشیه جنگل و درون جنگل در جنگل‌های گرمسیری برزیل، ۱۴ متغیر در حاشیه جنگل بیشترین مقدار را داشت. جنگل‌های زاگرس به دلایل مختلفی مانند تبدیل اراضی، بهره‌برداری‌های بی‌رویه، چرای دام، آتش‌سوزی، برداشت چوب و غیره در معرض خطر تخریب قرار گرفته و روزبه‌روز از تعداد و کیفیت گونه‌های گیاهی و جانوری آن کاسته می‌شود. به طوری که براساس منابع موجود امروزه جنگل‌های زاگرس و پوشش گیاهی آن در معرض خطر نابودی قرار گرفته است (Mirzai, 2013). تخریب‌های انسانی مانند جاده - سازی و کشاورزی در جنگل‌های زاگرس رو به افزایش است و قطعات جنگلی مختلفی را با مساحت‌های متفاوت ایجاد کرده است. در نتیجه این قطعات، حاشیه‌ها در جهت‌های مختلف ایجاد شده است که می‌تواند بر پوشش درختی، علفی و ویژگی‌های خاک اثرگذار باشد. در این جنگل‌ها، تأثیر تخریب با شدت‌های متفاوت بر غنا و تنوع زیستی و ویژگی‌های خاک بررسی شده است (Salehzade et al., 2016) ولی با توجه به اینکه تاکنون در این جنگل‌ها، پژوهش جامعی که به بررسی تأثیرات حاشیه جنگل در نتیجه تخریب‌های انسانی بر تنوع گونه‌های علفی و ویژگی‌های خاک در قطعات جنگلی بپردازد، انجام نشده است، این پژوهش با هدف بررسی اثر حاشیه بر غنا و تنوع گونه‌های علفی و ویژگی‌های خاک با استفاده از شاخص‌های DEI و

را در فواصل مختلف از حاشیه مشخص می‌کند و DEI به‌عنوان فاصله‌ای که در آن فاصله، MEI معنی‌دار است تعریف می‌شود. اگر MEI در هیچ فاصله‌ای معنی‌دار نباشد، DEI به‌صورت ns (not significant) گزارش می‌شود. محاسبه RTEI در نرم‌افزار R انجام شد (Dodonov *et al.*, Harper and Macdonald, 2011) و برای محاسبه تنوع آلفا از پکیج vegan (2013) نسخه 2.5.6 در نرم‌افزار R نسخه ۳.۶.۱ استفاده شد. برای مقایسه ویژگی‌های خاک و شاخص‌های تنوع در فاصله‌های مختلف از حاشیه از آزمون توکی در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد.

$$\text{رابطه (۳)} \quad \text{MEI} = (X_d - X_i) / (X_d + X_i)$$

در این رابطه، X_d میانگین یک متغیر در فاصله d از حاشیه و X_i میانگین یک متغیر در داخل جنگل (۱۰۰ و ۱۵۰ متر) است.

نتایج

شکل ۱ میانگین غنا گونه‌ای، شانون وینر و یکنواختی را در فواصل مختلف از حاشیه نشان می‌دهد. مطابق این شکل، مقادیر غنا گونه‌ای و یکنواختی در فواصل ۰، ۲۵ و ۵۰ متر به‌طور معنی‌داری بیشتر از داخل جنگل بود (شکل A1، C1). مقدار شاخص شانون وینر به‌طور معنی‌داری در حاشیه (صفر متر) بیشتر از فواصل دیگر بود (شکل B1). نتایج نشان می‌دهد مشخصات شیمیایی خاک مانند (نیتروژن، کربن، پتاسیم، pH، و رطوبت تفاوت معنی‌داری را در فواصل مختلف از حاشیه نشان نداد. در حالی‌که شکل F1 نشان می‌دهد مقادیر فسفر خاک در حاشیه جنگل (۰، ۲۵ و ۵۰ متر) به‌طور معنی‌دار بیشتر از داخل جنگل است.

راست پیاده شد. فراوانی گونه‌های علفی در داخل هر قطعه نمونه ثبت شد. میانگین فراوانی هر گونه علفی در هر نقطه نمونه برداری از میانگین گرفتن از فراوانی آن گونه در ۱۰ ریزقطعه نمونه محاسبه شد. نمونه‌های خاک در هر فاصله از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر برداشت شد. رطوبت خاک، نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، کربن آلی و pH اندازه‌گیری شد.

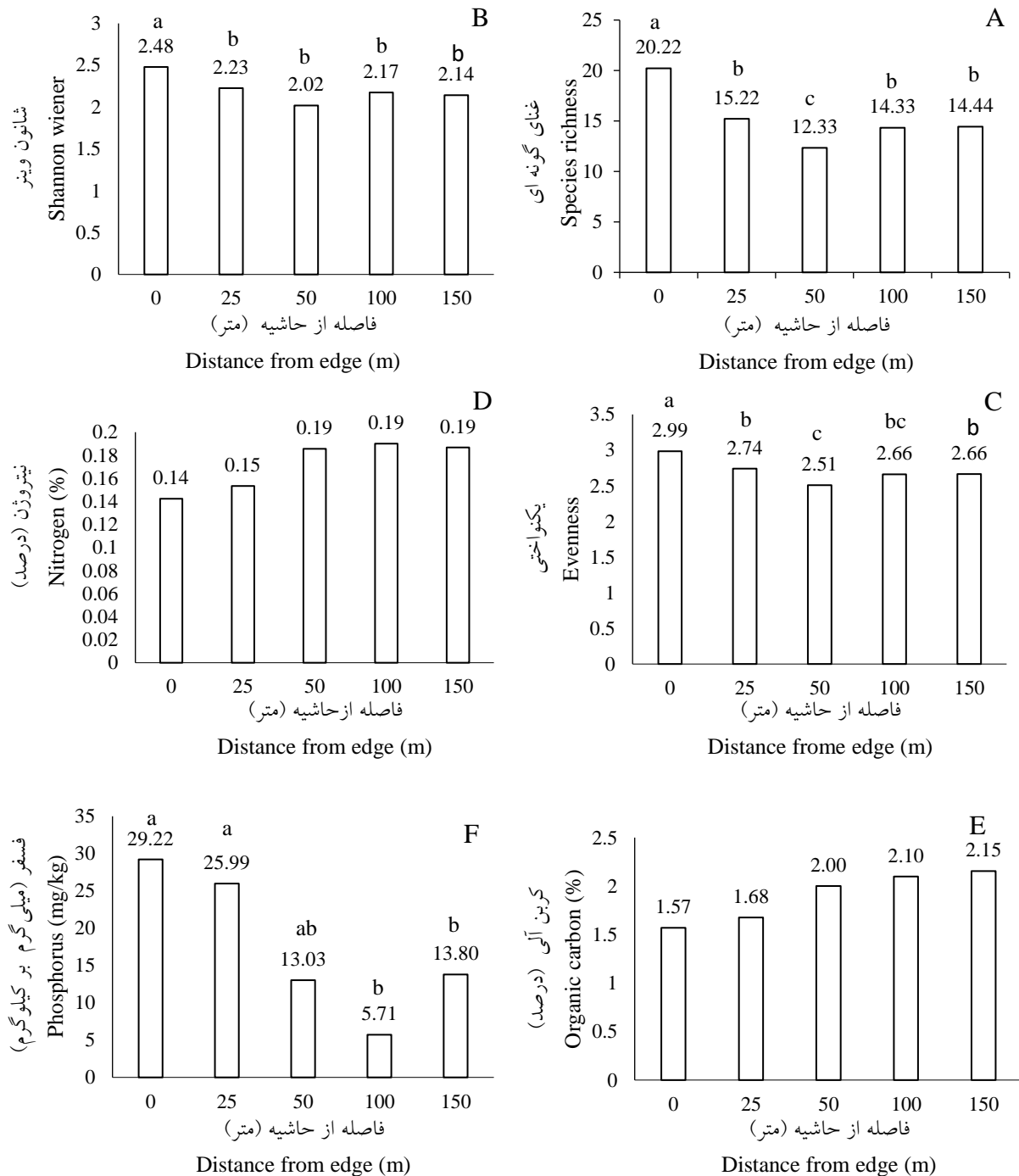
تنوع آلفا در هر فاصله با استفاده از غنا گونه‌ای (تعداد گونه‌ها)، شاخص تنوع شانون (رابطه ۱) و یکنواختی (رابطه ۲) محاسبه شد (Magurran, 2004). قبل از انجام آنالیزها آزمون Shapiro-Wilk برای بررسی نرمال بودن داده‌ها انجام شد.

$$\text{رابطه (۱)} \quad H' = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

در این رابطه، S تعداد گونه‌ها و p_i فراوانی نسبی گونه i است.

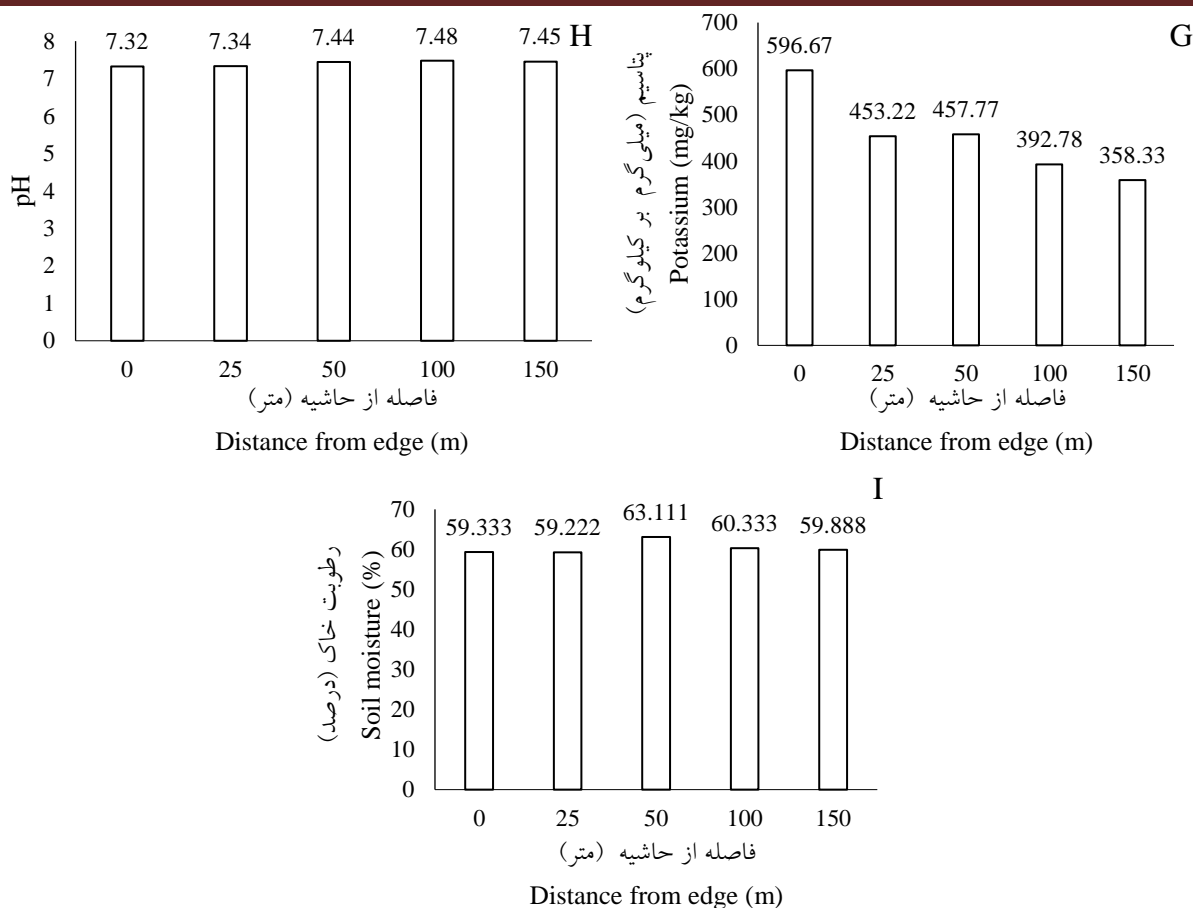
$$\text{رابطه (۲)} \quad E = H' / H'_{\max}, H'_{\max} = \ln(S)$$

شاخص MEI (Magnitude of Edge Influence) اندازه یک متغیر را در حاشیه و داخل جنگل نشان می‌دهد و شاخص DEI (Distance of Edge Influence) برابر فاصله‌هایی که در آن فواصل مقدار یک متغیر تفاوت معنی‌داری را با فواصل دیگر دارد تعریف می‌شود. MEI و DEI برای متغیرهای خاک، غنا گونه‌ای، شاخص شانون و یکنواختی محاسبه شد. MEI بزرگی و تأثیر حاشیه جنگل را بر هر متغیر نشان می‌دهد (رابطه ۳). مقدار این شاخص بین ۱- (تأثیر منفی حاشیه) و ۱+ (تأثیر مثبت حاشیه جنگل) است. برای محاسبه DEI از آزمون تصادفی RTEI (Randomization Test of Edge Influence) استفاده شد. RTEI معنی‌داری MEI



شکل ۱- میانگین غنا گونه‌ای (A)، تنوع شانون وینر (B)، یکنواختی (C) و ویژگی‌های شیمیایی خاک (نیتروژن (D)، کربن آلی (E)، فسفر (F)، پتاسیم (G)، pH (H)، رطوبت (I)) در فواصل مختلف از حاشیه بر اساس آزمون توکی. حروف متفاوت نشان دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ است.

Figure 1. Mean of species richness (A), Shannon wiener diversity (B), Evenness (C) and soil chemical properties (nitrogen (D), organic carbon (E), Phosphorous (F), potassium (G), pH (H), soil moisture (I)) at different distances from edge based on Tukey test. Different letters show significant difference at $P=0.05$.



ادامه شکل ۱.

Continued figure 1.

و بر نیتروژن، کربن آلی و pH منفی بود. همچنین مقادیر این شاخص برای غنای گونه‌ای، تنوع شانون وینر و یکنواختی مثبت بود، در نتیجه مقادیر غنای گونه‌ای، تنوع شانون وینر و یکنواختی در حاشیه بیشتر از داخل جنگل بود. مقادیر شاخص DEI برای متغیرهای خاک غیر از pH برابر با ۲۵ متر و برای شاخص‌های تنوع برابر با ۵۰ متر بود.

جدول ۱ نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع و ویژگی‌های شیمیایی خاک را نشان می‌دهد. جدول ۲ مقادیر شاخص‌های DEI و MEI را برای تنوع و مشخصات شیمیایی خاک در فواصل مختلف از حاشیه نشان می‌دهد. مقادیر شاخص MEI برای متغیرهای خاک (غیر از نیتروژن، کربن آلی و pH) مثبت بود در نتیجه تأثیر حاشیه بر پتاسیم، فسفر، رطوبت خاک مثبت،

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس شاخص‌های تنوع و ویژگی‌های شیمیایی خاک

Table 1- ANOVA results of diversity indices and soil chemical properties

معنی‌داری Sig	F	میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares		
0.00	12.46	355.07	4	1420.28	بین گروه‌ها Between Groups	
		28.48	85	2420.83	درون گروه‌ها Within Groups	غناى گونه‌ای Species richness
			89	3841.12	کل Total	
0.00	14.28	0.77	4	3.08	بین گروه‌ها Between Groups	
		0.05	85	4.59	درون گروه‌ها Within Groups	شانون وینر Shannon wiener
			89	7.68	کل Total	
0.00	12.56	1.01	4	4.07	بین گروه‌ها Between Groups	
		0.08	85	6.88	درون گروه‌ها Within Groups	یکنواختی Evenness
			89	10.95	کل Total	
0.11	7.16	0.01	4	0.07	بین گروه‌ها Between Groups	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)
		0.003	85	0.23	درون گروه‌ها Within Groups	
			89	0.30	کل Total	
0.12	1.09	1.23	4	4.84	بین گروه‌ها Between Groups	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
		0.63	85	54.11	درون گروه‌ها Within Groups	
			89	58.96	کل Total	
0.00	4.34	732.39	4	2929.56	بین گروه‌ها Between Groups	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus (mg/kg)
		168.52	85	14324.8	درون گروه‌ها Within Groups	
			89	17254.37	کل Total	
0.07	6.51	75943.76	4	303775.3	بین گروه‌ها Between Groups	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassium (mg/kg)
		11567.02	85	990424.55	درون گروه‌ها Within Groups	
			89	129419.6	کل Total	

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

معنی داری Sig	F	میانگین مربعات Mean squares	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	
0.19	1.54	0.20	4	0.82	بین گروه‌ها Between Groups
		0.13	85	11.35	درون گروه‌ها Within Groups
			89	12.17	کل Total
0.06	3.89	43.76	4	171.04	بین گروه‌ها Between Groups
		10.97	85	932.61	درون گروه‌ها Within Groups
			89	1104.64	کل Total

جدول ۲- مقادیر شاخص MEI و DEI برای شاخص‌های تنوع گونه‌ای و مشخصات شیمیایی خاک

Table 2. MEI and DEI of edge influence for species diversity indices and soil chemical properties

DEI(m)	MEI	
0.5	0.1685	غنای گونه‌ای Species richness
0.5	0.0629	شانون وینر Shannon wiener
0.5	0.0574	یکنواختی Evenness
0 to 25	0.4994	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus (mg/kg)
0 to 25	0.2274	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Potassium (mg/kg)
0 to 25	-0.1508	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)
25	0.0243	رطوبت (درصد) Moisture (%)
0	-0.139	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)
n.s	-0.0095	pH

بحث

جنگل‌های تنک (Harper et al., 2004) و یا تغییر در مشخصات خاک است (Laurance, 2007). تغییرات در شرایط محیطی در حاشیه جنگل مانند افزایش نور در- دسترس و نفوذ نور بیشتر و همچنین تغییرات ویژگی- های خاک سبب افزایش غنا گونه‌های علفی در حاشیه

فرآیند قطعه‌قطعه شدن جنگل‌ها و اثر حاشیه‌ای بر غنا گونه‌ای، تنوع و یکنواختی تأثیر دارد. تغییرات این عامل‌ها در حاشیه نسبت به داخل جنگل به دلیل تغییر شرایط محیطی مانند نفوذ نور بیشتر در حاشیه حتی در

دخالت انسان است. شاخص MEI برای بعضی از ویژگی‌های خاک شامل فسفر، پتاسیم و رطوبت خاک مثبت و برای دیگر ویژگی‌های خاک منفی بود. شاخص DEI برای متغیرهای خاک برابر ۲۵ متر بود. همچنین متغیرهای خاک (غیر از فسفر) تفاوت معنی‌داری را در فواصل مختلف از حاشیه نشان ندادند. طبق پژوهش‌های Bunyan et al. (2012) فاصله از حاشیه تأثیر معنی‌داری بر متغیرهای خاک ندارد که ممکن است به دلیل تأثیر زیاد حاشیه بر قطعات کوچک باشد. در حالی که طبق پژوهش‌های Ribeiro et al. (2019) افزایش فاصله از حاشیه حاصلخیزی و مواد مغذی خاک در جنگل‌های آتلانتیک کاهش می‌یابد. همچنین طبق پژوهش‌های Laurance et al. (2006) حاصلخیزی خاک در حاشیه جنگل‌های آمازون بیشتر از داخل جنگل است. تفاوت در نتایج پژوهش‌های ممکن است به دلیل اهمیت تأثیر نور بر زیراشکوب در جنگل‌های انبوه و افزایش نور در دسترس در حاشیه و در نتیجه افزایش غنا و همچنین افزایش کربن و حاصلخیزی خاک در حاشیه جنگل باشد (Cong et al, 2014). به‌طور کلی شاخص DEI برای متغیرهای خاک در جنگل‌های تنک بلوط برابر ۵۰ متر است که بر اساس دیگر پژوهش‌های این شاخص بین ۲۵ تا ۸۰ متر است (Davies-Colley et al., 2000, Honnay et al., 2002).

شاخص MEI در اغلب متغیرهای خاک مانند (فسفر، پتاسیم و رطوبت) مثبت و برای کربن، نیتروژن و pH منفی بود. در این قطعات جنگلی عدم پاسخ معنی‌دار متغیرهای خاک در فواصل مختلف از حاشیه ممکن است به دلیل احاطه قطعه جنگلی توسط اثر حاشیه‌ای باشد (Bunyan et al., 2012). مقدار فسفر در حاشیه به‌طور معنی‌داری بیشتر از داخل جنگل است که با نتایج Magnago et al. (2017) هم‌سو است که بیان می‌کند مقدار فسفر و کربن در حاشیه بیشتر از داخل

جنگل می‌شود (Jung et al., Brunet et al., 2010). Alignier et al. (2014). (2017). (2017) نشان دادند، غنا گونه‌ای و تنوع در حاشیه جنگل‌های پهن‌برگ خزان‌کننده بیشتر از داخل جنگل است. همچنین Eshaghirad et al. (2015) با بررسی جنگل‌های بلوط دریافتند با افزایش فاصله از حاشیه از تعداد حضور بعضی از گونه‌ها کاسته می‌شود و هرچه قطعه جنگلی کوچک‌تر باشد، گونه‌هایی که در داخل جنگل رشد می‌کنند به دلیل اثر حاشیه‌ای از بین خواهند رفت. در حالی که براساس Ruwanza (2019) غنا گونه‌ای در جنگل‌های جنوب آفریقا به اثر حاشیه‌ای واکنش نشان نداد. براساس دیگر پژوهش‌ها، غنا گونه‌ای و تنوع با فاصله از حاشیه کاهش می‌یابد (Normann et al., Guirado et al., 2006). (2016) که ممکن است به دلیل تغییرات عمق لاشبرگ و pH در حاشیه جنگل باشد (Murcia, 1995)، این عامل‌ها به‌عنوان عامل افزایش غنا گونه‌های علفی شناخته شده‌اند (Brunet et al., Barbier et al., 2008). (2010). در حالی که Mendes et al. (2016) دریافتند غنا گونه‌ای در حاشیه کمتر از داخل جنگل است. طبق پژوهش Phillips et al. (2006) حاشیه جنگل تأثیری در غنا و تنوع گونه‌های علفی ندارد. تفاوت در نتایج پژوهش‌ها ممکن است به دلیل تفاوت در نوع پوشش گیاهی، تراکم توده و شدت دخالت‌های انسان باشد. شاخص DEI برای غنا گونه‌ای، تنوع و یکنواختی برابر با ۵۰ متر در جنگل‌های تنک بلوط بود. طبق پژوهش‌های Ries et al. (2004) تغییرات غنا و ترکیب پوشش گیاهی در فاصله ۵۰ تا ۱۰۰ متر از حاشیه دیده می‌شود. این تغییرات تا فاصله ۲۰ متری در جنگل‌های بوره‌آل (Harper et al., 2015)، ۱۰۰-۰ متر در جنگل‌های پهن‌برگ گرمسیری (Kacholi, 2017) و ۱۶ تا ۱۳۷ متر در جنگل‌های معتدله مشاهده شد. تفاوت در این فواصل به دلیل نوع پوشش گیاهی، تراکم و مقدار

خاک تأثیر می‌گذارد. تغییرات غنا و مشخصات شیمیایی خاک در این جنگل‌ها در فاصله ۵۰-۰ متر دیده شد. به‌طور کلی با توجه به تأثیر اثر حاشیه بر غنا و ویژگی‌های خاک در جنگل‌های تنک بلوط، برنامه‌های مدیریتی مانند اتصال قطعات جنگلی با جنگلکاری برای کاهش اثر حاشیه‌ای بر گونه‌های علفی و کمینه کردن اثر حاشیه‌ای مورد نیاز است.

References

- Aguirre-Gutiérrez, J., Are plant species richness and diversity influenced by fragmentation at a micro scale. *Int J Biodivers* **2014**, 9 (10.1155), 2014.
- Alignier, A.; Alard, D.; Chevalier, R.; Corcket, E., Can contrast between forest and adjacent open habitat explain the edge effects on plant diversity? *Acta Botanica Gallica* **2014**, 161 (3), 253-259.
- Aragón, G.; Abuja, L.; Belinchón, R.; Martínez, I., Edge type determines the intensity of forest edge effect on epiphytic communities. *European Journal of Forest Research* **2015**, 134 (3), 443-451.
- Barbier, S.; Gosselin, F.; Balandier, P., Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved—a critical review for temperate and boreal forests. *Forest ecology and management* **2008**, 254 (1), 1-15.
- Barros, H. S.; Fearnside, P. M., Soil carbon stock changes due to edge effects in central Amazon Forest fragments. *Forest Ecology and Management* **2016**, 379, 30-36.
- Brunet, J.; Fritz, Ö.; Richnau, G., Biodiversity in European beech forests—a review with recommendations for sustainable forest management. *Ecological Bulletins* **2010**, 77-94.
- Bunyan, M.; Jose, S.; Fletcher, R., Edge effects in small forest fragments: why more is better. *American Journal of Plant Sciences* **2012**, 3 (7), 869-878.
- Cadenasso, M. L.; Pickett, S. T.; Weathers, K. C.; Jones, C. G., A framework for a theory of ecological boundaries. *BioScience* **2003**, 53 (8), 750-758.
- Chen, J.; Franklin, J. F.; Spies, T. A., Growing-season microclimatic gradients from clearcut edges into old-growth Douglas-fir forests. *Ecological applications* **1995**, 5 (1), 74-86.
- Colley, R. J.; Payne, G.; Van Elswijk, M., Microclimate gradients across a forest edge. *New Zealand Journal of Ecology* **2000**, 111-121.
- Cong, W. F.; van Ruijven, J.; Mommer, L.; De Deyn, G. B.; Berendse, F.; Hoffland, E., Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. *Journal of ecology* **2014**, 102 (5), 1163-1170.
- Davies-Colley, R. J.; Payne, G.; Van Elswijk, M., Microclimate gradients across a forest edge. *New Zealand Journal of Ecology* **2000**, 111-121.
- Dodonov, P.; Harper, K. A.; Silva-Matos, D. M., The role of edge contrast and forest structure in edge influence: vegetation and microclimate at edges in the Brazilian cerrado. *Plant ecology* **2013**, 214 (11), 1345-1359.
- Dovčiak, M.; Brown, J., Secondary edge effects in regenerating forest landscapes: vegetation and microclimate patterns and their implications for management and conservation. *New forests* **2014**, 45 (5), 733-744.
- Eshaghirad, J.; Soleymani, F.; Khodakarami, Y., Influence of edge effect on plant composition and distribution in oak forests (Case study: Cheharzebar forests-Kermanshah). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2014**, 22 (3), 527-539. (In Persian)
- Freitas, N.; Silva, F.; Maia, L., Edge effect on soil biochemical and microbiological activities in an Atlantic Forest fragment in the state of Pernambuco, Brazil. *Bioremediation, Biodiversity and Bioavailability* **2008**, 2 (1), 62-67.

- Gehlhausen, S. M.; Schwartz, M. W.; Augspurger, C. K., Vegetation and microclimatic edge effects in two mixed-mesophytic forest fragments. *Plant Ecology* **2000**, *147* (1), 21-35.
- Guirado, M.; Pino, J.; Roda, F., Understorey plant species richness and composition in metropolitan forest archipelagos: effects of forest size, adjacent land use and distance to the edge. *Global Ecology and Biogeography* **2006**, *15* (1), 50-62.
- Harper, K. A.; Lesieur, D.; Bergeron, Y.; Drapeau, P., Forest structure and composition at young fire and cut edges in black spruce boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research* **2004**, *34* (2), 289-302.
- Harper, K. A.; Macdonald, S. E.; Mayerhofer, M. S.; Biswas, S. R.; Esseen, P. A.; Hylander, K.; Stewart, K. J.; Mallik, A. U.; Drapeau, P.; Jonsson, B. G., Edge influence on vegetation at natural and anthropogenic edges of boreal forests in Canada and Fennoscandia. *Journal of Ecology* **2015**, *103* (3), 550-562.
- Harper, K. A.; Macdonald, S., Quantifying distance of edge influence: a comparison of methods and a new randomization method. *Ecosphere* **2011**, *2* (8), 1-17.
- Honnay, O.; Verheyen, K.; Hermy, M., Permeability of ancient forest edges for weedy plant species invasion. *Forest Ecology and Management* **2002**, *161* (1-3), 109-122.
- Laurance, W. F., Have we overstated the tropical biodiversity crisis? *Trends in Ecology & Evolution* **2007**, *22* (2), 65-70.
- Magnago, L. F. S.; Magrach, A.; Barlow, J.; Schaefer, C. E. G. R.; Laurance, W. F.; Martins, S. V.; Edwards, D. P., Do fragment size and edge effects predict carbon stocks in trees and lianas in tropical forests? *Functional ecology* **2017**, *31* (2), 542-552.
- Magurran, A. E., Measuring biological diversity blackwell science. Biological diversity: frontiers in measurement and assessment. *Oxford* **2004**, *105*
- Marchand, P.; Houle, G., Spatial patterns of plant species richness along a forest edge: what are their determinants? *Forest Ecology and Management* **2006**, *223* (1-3), 113-124.
- Mendes, P. G. A.; Silva, M. A. M.; Guerra, T. N. F.; Lins-e-Silva, A. C. B.; Cavalcanti, A. d. D. C.; Sampaio, E. V. d. S. B.; Rodal, M. J. N., Dynamics and Edge Effect of an Atlantic Forest Fragment in Brazil. *Floresta e Ambiente* **2016**, *23*, 340-349.
- Mirzai, J., Causes and factors of degradation of Zagros forests and strategies to deal with them, the first national conference on strategies for achieving sustainable development, Tehran, 2012; pp. 88-98. (In Persian)
- Murcia, C., Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in ecology & evolution* **1995**, *10* (2), 58-62.
- Normann, C.; Tschardtke, T.; Scherber, C., How forest edge-center transitions in the herb layer interact with beech dominance versus tree diversity. *Journal of Plant Ecology* **2016**, *9* (5), 498-507.
- Phillips, O. L.; Rose, S.; Mendoza, A. M.; Vargas, P. N., Resilience of southwestern Amazon forests to anthropogenic edge effects. *Conservation biology* **2006**, *20* (6), 1698-1710.
- Ribeiro, J. T.; Nunes-Freitas, A. F.; Uzêda, M. C., Forest fragmentation and impacts of intensive agriculture: responses from functional groups of the tree community. *BioRxiv* **2019**, 546796
- Ries, L.; Fletcher Jr, R. J.; Battin, J.; Sisk, T. D., Ecological responses to habitat edges: mechanisms, models, and variability explained. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **2004**, *35*, 491-522.
- Robinson, W. D.; Sherry, T. W., Mechanisms of avian population decline and species loss in tropical forest fragments. *Journal of Ornithology* **2012**, *153* (1), 141-152.
- Ruwanza, S., The edge effect on plant diversity and soil properties in abandoned fields targeted for ecological restoration. *Sustainability* **2019**, *11* (1), 140.
- Salehzadeh, O.; Eshaghirad, J.; Maroofi, H., The effect of anthropogenic disturbance on flora and plant diversity in Oak forests of west (Baneh city). *Forest Research and Development* **2016**, *2* (3), 219-240. (In Persian)
- Schröder, T.; Fleig, F. D., Spatial patterns and edge effects on soil organic matter and nutrients in a forest fragment of southern Brazil. *Soil Research* **2017**, *55* (7), 649-656.

Application of DEI and MEI indices to evaluate the effect of fragmentation in oak habitats on species diversity and soil chemical characteristics

G. Valadi¹, J. Eshaghirad^{*2}, Y. Khodakarami³, M. Nemati Peykani⁴, K. A. Harper⁵

1- PhD student of Forestry, Department of Forestry. Faculty of Natural Resources Urmia University, I. R. Iran. (gelarehvaladi@gmail.com)

2- Associate Professor in Forest Ecology and Biodiversity, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University. I. R. Iran. (J.eshagh@urmia.ac.ir)

3-Senior Research Expert, Forests and Rangelands research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources. Research and Education Center, AREEO, Kermanshah, I. R. Iran. (ykhodakarami@gmail.com)

4-Senior Research Expert, Forests and Rangelands research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources. Research and Education Center, AREEO, Kermanshah. I. R. Iran. (paykanim@gmail.com)

5-Professor, school for Environmental studies, Saint Mary's University, Halifax, Canada. (Karenharper@eastlink.ca)

Received: 03.09.2020 Accepted: 02.11.2020

Abstract

In order to introduce and application of DEI (Distance of Edge Influence) and MEI (Magnitude of Edge Influence) indices to determine the distance of edge effect and intensity of the edge effect on herbaceous species and soil chemical properties, three forest fragments (under 10 hectares) from oak forests of Kermanshah province were selected with similar conditions in terms of slope, aspect and altitude. In each fragment three transects were established from the edge to the forest interior. Measurements of vegetation and soil variables were collected at 0 (edge), 25, 50, 100, 150 m along each transect. The results showed that MEI index values were positive for soil variables (except nitrogen, organic carbon and pH). The values of this index were also positive for species richness, Shannon-Wiener diversity and Evenness. DEI index value was 25 m for soil variables (except pH) and 50 m for diversity indices. Soil variables (except phosphorus) did not show significant differences at different distances from edge. Also, changes in species richness and soil chemical properties were observed in 0-50 m from edge. Totally, in sparse oak forests, fragmentation and edge effect had influence on species richness and soil chemical properties.

Keywords: Edge effect, Forest fragment, Herbaceous species, Zagros forest.

* Corresponding author

Tel: +984432770489

بررسی تنوع ژنتیکی نوش (*Thuja orientalis*) با استفاده از نشانگر پراکسیداز در ذخیره‌گاه جنگلی سورکش

معصومه خزائی پول*^۱، داوود آزادفر^۲ و زهره سعیدی^۳

- ۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (khazaeimasoomeh65@yahoo.com)
- ۲- دانشیار گروه جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (azadfar@gau.ac.ir)
- ۳- کارشناس اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، گرگان، ایران. (Saeedizohre@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۲/۱۹

چکیده

هدف این پژوهش تعیین و مقایسه تنوع ژنتیکی جمعیت‌های نوش در ذخیره‌گاه جنگلی سورکش به کمک چندشکلی نشانگر بیوشیمیایی پراکسیداز در دو اندام شاخه و فلس بود. نمونه‌برداری به‌طور همزمان از فلس و شاخه دوساله ۳۰ پایه نوش از سه جمعیت انجام شد. نمونه‌ها از ارتفاع میانه تاج و از جهت ثابت جنوبی تاج انتخاب شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار GenAIEx در خصوص ویژگی‌های آللی نشانگرهای مورد پژوهش و مقایسه توانایی دو اندام و گروه‌بندی پایه‌ها برای بررسی تنوع درون و بین جمعیتی توسط تحلیل خوشه‌ای داده‌های الکتروفورتیکی (ژل‌های تهیه‌شده) توسط نرم‌افزار NTSYS 2.02 انجام شد. بررسی کیفی با الکتروفورز عمودی به روش PAGE انجام شد و داده‌های الکتروفورتیکی پایه‌های هر منطقه به کمک تحلیل خوشه‌ای گروه‌بندی شدند. با توجه به نتایج، جمعیت دو با میانگین تعداد آلل مشاهده شده در هر جایگاه ژنی (۲)، میانگین تعداد آلل مؤثر (۱/۷۷)، هتروزیگوتی قابل انتظار (۰/۴۲) و درصد پلی‌مورفیسم (۱۰۰) دارای بیشترین شاخص‌های تفکیک آللی نسبت به دو جمعیت دیگر است. همچنین تنوع درون‌جمعیتی (حدوداً ۶۰) بیشتر از تنوع بین‌جمعیتی (حدوداً ۴۰) به دست آمد که باید در مدیریت این ذخیره‌گاه برای افزایش تنوع مدنظر قرار گیرد. همچنین اندام فلس در نوش با میانگین تعداد آلل مشاهده شده در هر جایگاه ژنی (۱/۴۸)، میانگین تعداد آلل مؤثر (۱/۴۹)، هتروزیگوتی قابل انتظار (۰/۲۷)، میانگین شاخص اطلاعات شانون (۰/۳۹)، تعداد باندها (۹) و درصد چندشکلی (۶۶/۶۷) نسبت به ویژگی‌های آللی اندام شاخه دارای مقادیر بیشتری در پژوهش‌های تنوع ژنتیکی است.

واژه‌های کلیدی: الکتروفورز، تنوع درون‌جمعیتی، سورکش، نشانگر بیوشیمیایی.

مقدمه

و یکی از منحصربه‌فردترین جنگل‌های کشور به‌شمار می‌رود (Zulfaqhar, 2010). برگ‌های نوش حاوی روغن‌های ضروری است که برای درمان عفونت‌های قارچی، سرطان، خال و کرم‌های انگلی استفاده می‌شود. اسانس حاصل از برگ‌ها سمی است. α -thujone به‌عنوان یک حشره‌کش و یک ماده ضد انگل برای درمان کرم‌های انگلی مفید است. با این حال، α -thujone یک ماده سمی است که سیگنال‌های عصبی مغز را مختل می‌کند (Hold et al., 2000). وجود تنوع ژنتیکی در بین جمعیت‌های یک گونه به حفظ تنوع جمعیت‌ها و یافتن پایه‌های مادری برتر برای ذخایر بذری کمک می‌کند (Karimi and Azadfar, 2009). تنوع در جنگل‌ها و گوناگونی ژنتیکی در درختان و درختچه‌ها برای سازگاری مستمر گونه‌ها به شرایط محیطی و نیز برای حفظ توان اصلاح ویژگی‌های مورد نظر انسان ضروری است (Salehi shanjani and Sagheb talebi, 2006). بررسی‌های بیوشیمیایی و استفاده از آنزیم‌ها می‌تواند به‌عنوان مکمل نشانگرهای ریختی، تفاوت‌های ژنتیکی جمعیت‌های گیاهی را با دقت مطمئن‌تری نشان دهد (Fallah et al., 2011). نشانگرهای مورفولوژیکی و ایزوآنزیمی به‌علت مزایای متعدد مانند سادگی، کارایی نسبی، سرعت زیاد و هزینه مناسب از ابزارهای مناسب برای پژوهش‌های مقدماتی تنوع ژنتیکی هستند (Sulkowska, 2012). آنزیم پراکسیداز یکی از مهم‌ترین آنزیم‌ها، در سیر تحولات فیزیولوژیک گیاهان است که در بسیاری از تحقیقات به‌عنوان شاخص تغییرات اکولوژیک در درون گیاه معرفی شده است (Grambow and Langebeck, 1983). آنزیم پراکسیداز (EC 1.11.1.X) از گروه آنزیم‌های اکسیدوردوکتاز بوده و از دسته پروتئین‌های آهن‌دار محسوب می‌شود و به‌دلیل تعدد باندها و امکان وضوح باندهای ایزوآنزیمی یکی از مناسب‌ترین نشانگرها برای تفکیک ژنتیکی

سروخمره‌ای یا نوش درختی از شاخه پیدازادان، رده بازدانگان، راسته مخروطیان، تیره سرو، جنس نوش با نام علمی *Thuja orientalis L.* است (Mozaffarian, 2004). نوش به‌شکل درختانی به ارتفاع تا ۱۰ متر، یا درختچه‌هایی با تاج هرمی‌شکل و مخروط‌مانند یا بوته‌ای یک‌پایه با شاخه‌های گسترده و تنه‌ای از نزدیک قاعده منشعب دیده می‌شوند (Ghahraman, 2000). نوش به‌خاطر زیبا و تزئینی بودن در فضای سبز شهری و پارک‌ها به فراوانی کشت شده و نیز به‌دلیل چوب محکم و مقاوم در برابر فساد آن، دارای اهمیت خاصی در بین درختان جنگلی است. از طرفی به‌خاطر انتشار محدود و حفظ ارزش‌های ژنتیکی این گونه در زیستگاه‌ها، نیاز به حمایت همه‌جانبه دارد (Imam, 2003). از جنس نوش در ایران فقط یک گونه بومی با نام فارسی نوش وجود دارد که در بیشتر نقاط ایران به‌عنوان درختچه زینتی کاشته می‌شود. این گونه نسبت به شرایط نامساعد به‌ویژه خشکی و سرما مقاومت داشته و منشأ اولیه آن مناطق معتدل آسیا و رویشگاه عمده آن کشور چین است، ولی در ایران نیز پایه‌هایی از آن به‌صورت وحشی در جنگل‌های خزری دیده می‌شود (Sabetti, 2002). رویشگاه سورکش تنها رویشگاه طبیعی نوش در ایران است که در تمامی منابع مرتبط ذکر شده است و تمام مدارک بر طبیعی بودن آن تأکید دارد (Zulfaqhar, 2010). رویشگاه طبیعی دیگر در منطقه سنگده در فاصله ۲۵ کیلومتری مرکز شهرستان سوادکوه پل سفید واقع شده است که درحال حاضر تنها پنج پایه کهنسال از درختان نوش در جدار دره رودخانه گسیلیان و در ارتفاع ۱۳۰۰ متری از سطح دریا دیده می‌شود (Zulfaqhar, 2009). رویشگاه‌های طبیعی این گونه نه تنها در ایران بلکه در دنیا کمیاب و نادر است. بنابراین جایگاه ویژه‌ای در بین ذخایر جنگلی کشور دارد

(2001) Salehi Shanjani فعالیت کمی و کیفی آنزیم پراکسیداز را در سرخدار جنگل‌های استان گلستان و ارسباران مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که فعالیت کمی و کیفی آنزیم پراکسیداز در درختان مستقر در جنگل‌های گرگان به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر از ارسباران است. (2009) Karimi تنوع ژنتیکی را در گونه سرخدار توسط دو نشانگر پراکسیداز و استراز و به‌کمک دو اندام شاخه و برگ بررسی کرده و به معرفی بهترین اندام و نشانگر در تعیین تنوع پرداخت. نتایج نشان داد که هر یک از نشانگرهای پراکسیداز و استراز، بیشترین تفکیک و گروه‌بندی به‌ترتیب به‌کمک اندام شاخه و برگ را نشان دادند. از آنجایی که تاکنون پژوهشی روی تنوع مورفولوژیکی و یا تنوع ژنتیکی نوش در سطح DNA یا نشانگرهای بیوشیمیایی در داخل کشور انجام نشده است و با توجه به توانایی نشانگرهای بیوشیمیایی در نشان دادن تفاوت‌های اکوتیپی و ژنوتیپی به‌طور همزمان نسبت به نشانگرهای مولکولی DNA، این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه پلی‌مورفیسم ایزوآنزیمی پراکسیداز در اندام‌های فلس و شاخه گونه نوش برای مقایسه و معرفی اندام شاخص در مقایسه تنوع نوش در جمعیت‌های مختلف ذخیره‌گاه جنگلی سورکش فاضل‌آباد انجام شد.

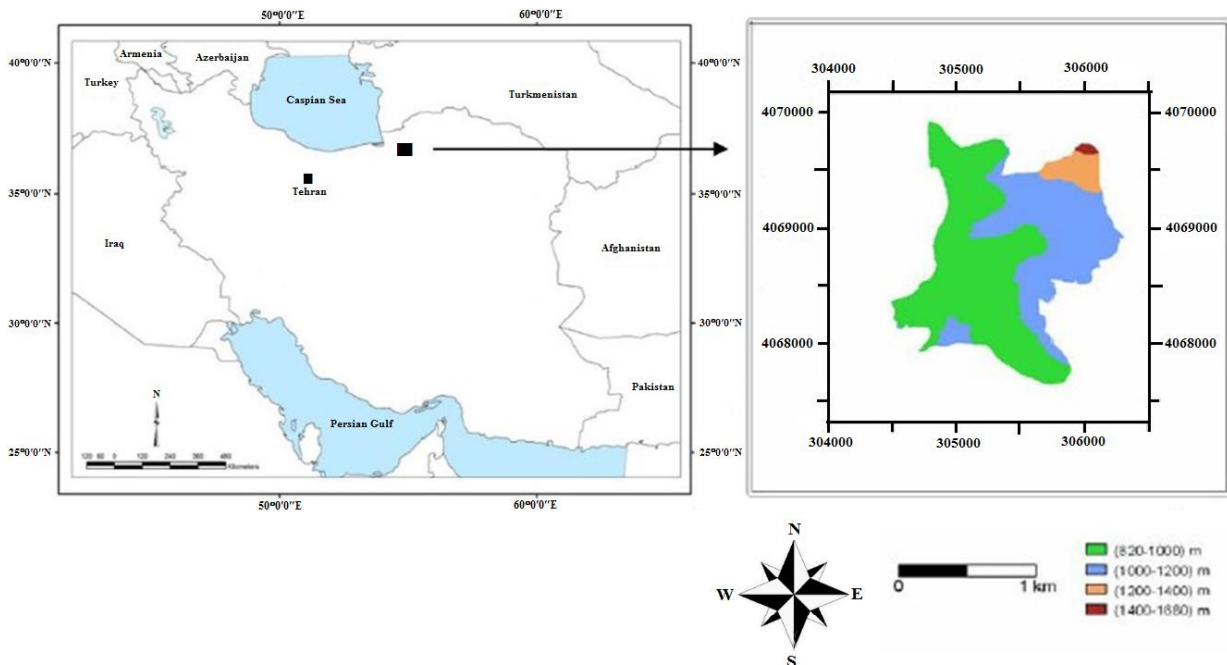
مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش در آبان ۱۳۹۳ رویشگاه سورکش انتخاب شد. رویشگاه سورکش با وسعت ۲۲۳ هکتار در ۲۰ کیلومتری جنوب فاضل‌آباد، در دره کتول در استان گلستان قرار شده است (شکل ۱). موقعیت جغرافیایی این رویشگاه حد فاصل عرض شمالی ۳۶ درجه و ۴۴ دقیقه و دو ثانیه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه و ۱۶ ثانیه و طول شرقی ۵۴ درجه و ۴۸ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۵۴ درجه و ۴۹ دقیقه و ۵۰ ثانیه قرار دارد و در

درختان است (Babaei et al., 2010). تحقیقی توسط Perry et al. (1990) روی تنوع ژنتیکی درون و بین جمعیتی شش جمعیت از *Thuja occidentalis* در شمال غربی آنتاریو در کانادا با استفاده از الکتروفورز آنزیم مورد بررسی قرار شد. محدوده هتروزیگوتی جمعیت‌ها بین ۰/۰۷۷ تا ۰/۱۰۹ با میانگین ۰/۰۹۴ بود. تحقیقی توسط Xie et al. (1992) روی تنوع ژنتیکی نوش انجام شد که تنوع الکتروفورزی آنزیم را در ۱۴ جمعیت از رویشگاه طبیعی نوش در چین مورد بررسی قرار دادند. به‌طور متوسط، تعداد آلل در هر جایگاه ۱/۸۹ بود، درصد چندشکلی ۵۷/۰۰ بود و هتروزیگوتی مورد انتظار ۰/۱۴۴ بود. تنوع درون جمعیتی ۸۶ درصد و تنوع بین جمعیتی ۱۴ درصد به‌دست آمد. Lamy et al. (2011) تنوع ژنتیکی و ساختار ژنتیکی شش جمعیت از *Thuja occidentalis* را در جنوب کبک کانادا با استفاده از الکتروفورز ژل استات سلولز مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد میانگین درصد چندشکلی ۵۴/۲ درصد، میانگین آلل مشاهده شده در هر جایگاه ۱/۶، میانگین آلل موثر ۱/۱۵، هتروزیگوتی مشاهده شده ۰/۱۱۶ و هتروزیگوتی مورد انتظار ۰/۱۲۹ بود. هیچ تفاوت معنی‌داری بین شش جمعیت برای این پنج شاخص ژنتیکی وجود نداشت. (2010) Wahid et al. تنوع ژنتیکی ۱۴ جمعیت از *Pinus halepensis* Mill را با استفاده از یک نشانگر ایزوآنزیمی بررسی کردند. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که تنوع ژنتیکی کاج حلب در مراکش در مقایسه با دیگر استان‌های مدیترانه‌ای متوسط است. با این حال، این پژوهش ضریب بالایی از تمایز بین جمعیت را نشان می‌دهد. (2003) Seok-Woo et al. تنوع ژنتیکی را در *Thuja orientalis* در ۱۲۰ پایه از چهار جمعیت طبیعی در شمال کره بررسی کردند. مشاهدات نشان داد که مقدار تنوع ژنتیکی پایین (HO=۰/۰۸۱، He=۰/۰۹۵) است.

جنگل کرکوجال و از غرب به کوه سوراخ‌دار- کمر محدود می‌شود (Zulfaqhar, 2009).

محدوده ارتفاعی ۸۲۰ تا ۱۶۸۰ متری از سطح دریا قرار دارد. رویشگاه نوش از شمال به کوه قزل قلعه یا جنگل پلنگ‌آرام، از جنوب به کوه استان، از شرق به



شکل ۱- موقعیت منطقه سورکش در استان گلستان همراه با طبقات ارتفاعی موجود در منطقه (برگرفته شده از طرح ذخیره‌گاه جنگلی سورکش، شرکت فنی- مهندسی زیست آبنوس گلستان، تهیه توسط شعبان قلندرایشی)

Figure 1. Location of the Sorkesh area in Golestan province along with the elevation classes in the area (Retrieved from Sorkesh Forest Reserved Plan, Golestan Abnos Bio Engineering Company, provided by Shaaban Galandar Ayeshi)

بررسی رویشگاه و جداسازی عرصه مورد پژوهش از نظر وجود تیپ‌های خالص نوش و بیشترین مقدار دست‌نخورده‌گی، منطقه مورد نظر براساس عوارض طبیعی مانند وجود یال به سه جهت شرقی، غربی و جنوبی تقسیم و در وسط هر جهت یک جمعیت و در کل سه جمعیت در نظر شد. از هر یک از سه جمعیت ۱۰ درخت با فواصل حداقل ۱۰۰ متر از یکدیگر برای نمونه‌برداری انتخاب و شماره‌گذاری شدند. از هر درخت یک نمونه از اندام فلس و شاخه دو ساله از ارتفاع میانه تاج و از جهت ثابت جنوبی تاج گرفته شد. برای عصاره‌گیری ۰/۵ گرم از فلس‌های تازه و جوان با قیچی خرد و در هاون چینی استریل با ازت مایع کاملاً

جهت باد غالب منطقه از شمال به جنوب است. در این رویشگاه نوش بیشترین حضور را در زمین‌هایی با فرم دره با ارتفاع ۹۵۰-۹۰۰ متر و در شیب ۱۵-۰ درصد و در خاک‌های عمیق دارد. تعداد در هکتار درختان نوش در این رویشگاه ۵۲۳ اصله و ۸۲ هکتار از وسعت کل منطقه پوشیده از درختان نوش با نسبت‌های آمیختگی مختلف با دیگر گونه‌های درختی و درختچه‌ای و تخریب‌های انسانی است. ذخیره‌گاه سورکش با وجود کمی مساحت، ۰/۲۹ درصد از کل گونه‌های انحصاری ایران را به خود اختصاص داده است که این امر بر اهمیت منطقه از نظر ذخایر ژنتیکی و حفاظت از آن تأکید دارد (Mobin, 1981). پس از

ایزوآنزیمی با استفاده از کدهای باندهای ایزوآنزیمی بر اساس فاصله حرکت از مبدا و همچنین حضور یا عدم حضور باندها به صورت یک و صفر انجام شد.

در این پژوهش به منظور تفسیر الگوهای ایزوآنزیمی پراکسیداز و مقایسه توانایی دو اندام شاخه و فلس از تجزیه خوشه‌ای با بهترین روش (به روش UPGMA) و شاخص‌های شباهت (شاخص جاکارد) بر اساس ضریب کوفتیک کمک گرفته شد. درختان با کدهای پنج کاراکتری به ترتیب از چپ به راست شامل نشانگر پراکسیداز (P)، اندام مورد پژوهش (شاخه = B و فلس = L)، رقم اول کد جمعیت (۱، ۲، ۳) و دو رقم بعدی کد درخت (۱۰، ۱۱، ۱۲، ...) در نرم‌افزار Excel وارد شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار GenAIEX نسخه ۶/۴ در خصوص ویژگی‌های آلی نشانگرهای مورد بررسی شامل تعداد آل مشاهده شده، تعداد آل مؤثر، میانگین شاخص اطلاعات شانون، هتروزیگوتی و مقایسه توانایی دو اندام و گروه‌بندی پایه‌ها برای بررسی تنوع درون و بین جمعیتی توسط تحلیل خوشه‌ای داده‌های الکتروفورتیکی (ژل‌های تهیه شده) به روش (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic) UPGMA و شاخص جاکارد توسط نرم‌افزار NTSYS 2.02 انجام شد (Yeh, 1997). مقایسه تنوع درون و بین جمعیتی از طریق آزمون AMOVA در نرم‌افزار GenAIEX انجام شد.

نتایج

مقایسه درون‌جمعیتی پراکسیداز شاخه

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار GenAIEX در خصوص ویژگی‌های آلی نشانگر بیوشیمیایی پراکسیداز شاخه در جمعیت یک، دو و سه مطابق جدول زیر به دست آمد (جدول ۱).

کوبیده و به مقدار ۱/۵ میلی‌لیتر محلول عصاره‌گیری به آن‌ها اضافه شد. شاخه‌ها را نیز با قیچی خیلی ریز کرده و پس از وزن کردن با ترازو به ازای هر ۰/۵ گرم نمونه شاخه دو میلی‌لیتر محلول عصاره‌گیری به آن‌ها اضافه شد. مواد شیمیایی مورد استفاده برای تهیه یک لیتر محلول عصاره‌گیری شامل تریس بیس (۱/۲ گرم)، اسید آسکوربیک (دو گرم)، بوراکس (۳/۸ گرم)، کلرید سدیم (۳/۶ گرم)، اسید اتیلن دی آمین تتراستیک (دو گرم) و پلی اتیلن گلیکول (۵۰ گرم) بود (Stich And Ebermann, 1988). نمونه‌های عصاره‌گیری شده به مدت ۴۸ ساعت در یخچال با دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا محلول عصاره‌گیری در دیواره سلول نفوذ کند و سپس در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. قسمت رویی و شفاف که همان عصاره است درون میکروتیوب‌ها ریخته شد و برای انجام بررسی‌ها و پژوهش‌های کیفی در یخچال نگهداری شدند (Korori, 1989). پژوهش‌های کیفی آنزیم با استفاده از الکتروفورز عمودی به روش PAGE (پلی آکریل آمید ژل الکتروفورز (۱۲ درصد با اسیدیت هشت)) انجام شد (Azadfar, 1998). مواد شیمیایی مورد استفاده برای تهیه ژل پلی آکریل آمید شامل آکریل آمید (۱۲۰ گرم)، بیس آکریل آمید (دو گرم) و تریس (۴۵/۶ گرم) بود که این مواد در آب مقطر حل و اسیدیت آن به هشت رسانده شد، سپس با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده شد. از هر نمونه به مقدار ۶۰ میکرولیتر عصاره تهیه شده در چاهک تزریق شد. دستگاه الکتروفورز روی شدت ۶۰ میلی‌آمپر تنظیم شد. زمان جداسازی ایزوآنزیم‌ها حدود هشت ساعت و میزان حرکت عصاره در ژل نیز هشت سانتی‌متر بود. بعد از رنگ آمیزی ژل‌ها، از آن‌ها عکس شده شد و تمامی باندهای ظاهر شده در نرم‌افزار Excel برای تهیه زیموگرام رسم شدند. تفسیر الگوهای

جدول ۱- ویژگی های آللی نشانگر بیوشیمیایی پراکسیداز شاخه جمعیت یک، دو و سه

Table 1. Allelic characteristics of branch peroxidase biochemical marker in the population of one, two, and three

درصد چندشکلی Percentage of polymorphic loci	شاخص اطلاعات		تعداد آلل مؤثر No. of effective alleles	تعداد آلل مشاهده شده No. of different alleles	باند Band	جمعیت Population
	شانون Shannon's information index	هتروزیگوتی Heterozygosity				
100	0.55	0.37	1.65	2	میانگین Mean	جمعیت یک Population one
-	0.07	0.06	0.15	0	انحراف معیار SE	
100	0.53	0.35	1.57	2	میانگین Mean	جمعیت دو Population two
-	0.05	0.04	0.12	0	انحراف معیار SE	
66.7	0.41	0.28	1.5	1.66	میانگین Mean	جمعیت سه Population three
-	0.20	0.14	0.25	0.33	انحراف معیار SE	
66/67	0.37	0.24	1.42	1.39	میانگین Mean	کل Total
-	0.06	0.04	0.09	0.21	انحراف معیار SE	

پراکسیداز اندام شاخه و فلس جمعیت یک، دو و سه

مطابق جدول زیر به دست آمد (جدول ۳).

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و ترسیم دندروگرام فعالیت کیفی پراکسیداز شاخه و فلس در سه جمعیت مورد پژوهش، بر اساس بهترین ضریب کوفتیک و خط برش ترسیم شده و بر اساس شباهت‌های ژنتیکی، پایه‌های مورد بررسی را به سه گروه مجزا تفکیک کرد (شکل ۲). گروه اول شامل PBL101, PBL102, PBL206, PBL204, پایه‌های PBL207, PBL103, PBL201, PBL202, PBL209,

مقایسه درون جمعیتی پراکسیداز فلس

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار GenAlEx در خصوص ویژگی‌های آللی نشانگر بیوشیمیایی پراکسیداز فلس جمعیت یک، دو و سه مطابق جدول زیر به دست آمد (جدول ۲). با توجه به این نتایج بیشترین پلی مورفیسم مربوط به جمعیت دو است.

مقایسه درون جمعیتی پراکسیداز شاخه و فلس

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار GenAlEx در خصوص ویژگی‌های آللی نشانگر بیوشیمیایی

گروه دو PBL210, PBL203, PBL205, PBL208، گروه سه شامل پایه‌های PBL104, PBL106, PBL107, PBL110, PBL108, PBL109, PBL105 است. شامل پایه‌های PBL301, PBL310, PBL308, PBL304, PBL309, PBL303, PBL305, PBL306,

جدول ۲- ویژگی‌های آللی نشانگر بیوشیمیایی پراکسیداز فلس جمعیت یک، دو و سه

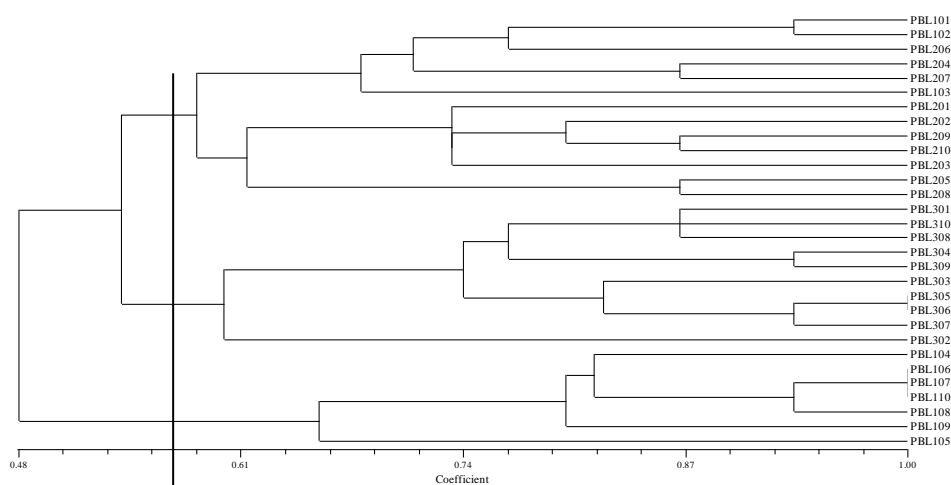
Table 2. Allelic characteristics of leaf peroxidase biochemical marker in the population of one, two, and three

درصد چندشکلی Percentage of polymorphic loci	شاخص اطلاعات شانون Shannon's information index	هتروزیگوتی Heterozygosity	تعداد آلل مؤثر No. of effective alleles	تعداد آلل مشاهده شده No. of different alleles	باند Band	جمعیت Population
62.5	0.36	0.25	1.46	1.62	میانگین Mean	جمعیت یک Population one
-	0.11	0.08	0.16	0.18	انحراف معیار SE	
100	0.60	0.42	1.77	2	میانگین Mean	جمعیت دو Population two
-	0.05	0.04	0.11	0	انحراف معیار SE	
87.5	0.52	0.35	1.63	1.87	میانگین Mean	جمعیت سه Population three
-	0.08	0.05	0.12	0.12	انحراف معیار SE	
66.67	0.39	0.27	1.49	1.48	میانگین Mean	کل Total
6.42	0.05	0.04	0.08	0.15	انحراف معیار SE	

جدول ۳- ویژگی های آللی نشانگر بیوشیمیایی پراکسیداز شاخه و فلس جمعیت یک، دو و سه

Table 3. Allelic characteristics of branch and leaf's peroxidase biochemical marker in the population of one, two, and three

درصد چندشکلی Percentage of polymorphic loci	شاخص اطلاعات شانون Shannon's information index	هتروزیگوتی Heterozygosity	تعداد آلل مؤثر No. of effective alleles	تعداد آلل مشاهده شده No. of different alleles	باند Band	جمعیت Population
76.92	0.43	0.29	1.53	1.76	میانگین Mean	جمعیت یک Population one
-	0.07	0.05	0.11	0.12	انحراف معیار SE	
100	0.57	0.38	1.63	2	میانگین Mean	جمعیت دو Population two
-	0.03	0.03	0.08	0	انحراف معیار SE	
81/82	0.49	0.34	1.6	1.81	میانگین Mean	جمعیت سه Population three
-	0.07	0.05	0.10	0.12	انحراف معیار SE	
66/67	0.38	0.26	1.47	1.44	میانگین Mean	کل Total
3.85	0.04	0.03	0.06	0.12	انحراف معیار SE	



شکل ۲- دندروگرام تجزیه خوشه ای پراکسیداز شاخه و فلس سه جمعیت ذخیره گاه سورکش

Figure 2. Dendrogram of cluster decomposing of branch and leaf's peroxidase in three studied populations in Sorkesh reserved

اصلی به کمک دو مؤلفه اول و دوم با واریانس تجمعی (۶۹/۸۴ درصد) نتایج آنالیز خوشه‌ای مربوط به اندام شاخه و فلس سه جمعیت را تأیید می‌کند.

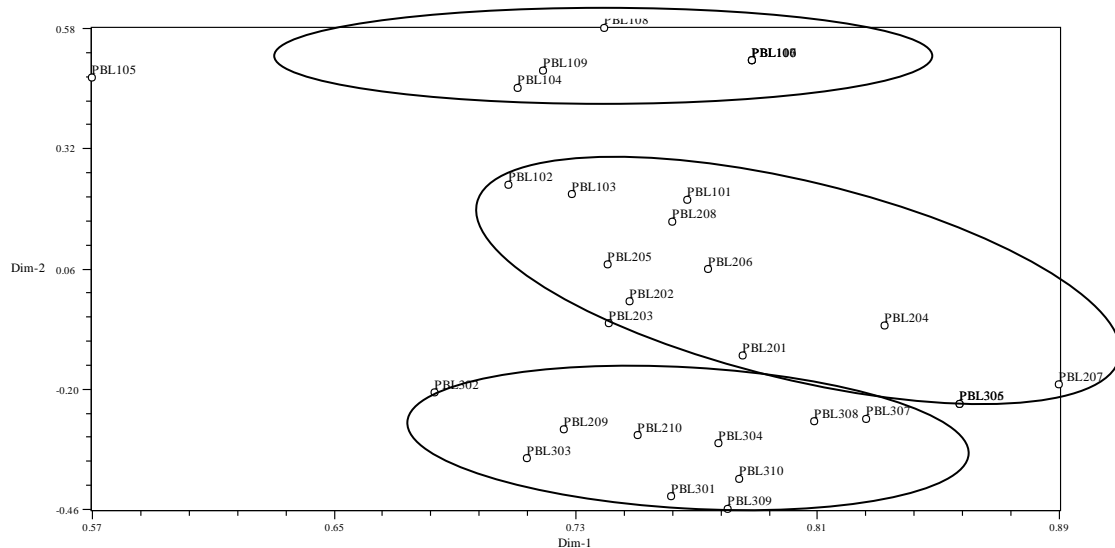
آنالیز واریانس مولکولی (AMOVA)

در بررسی تنوع بین جمعیتی رویشگاه سورکش با استفاده از نشانگر بیوشیمیایی پراکسیداز اندام شاخه و فلس با استفاده از نرم‌افزار AMOVA، نتایج نشان داد که تنوع بین جمعیتی در سطح یک درصد معنی‌دار است ($P=0/392$) و تنوع درون جمعیتی (۶۱ درصد) بیشتر از تنوع بین جمعیتی (۳۹ درصد) است (جدول ۴).

مقدار فاصله و شباهت ژنتیکی جمعیت‌های مورد بررسی جمعیت دو و جمعیت سه (۰/۸۰۰) دارای بیشترین شباهت ژنتیکی است و بیشترین فاصله ژنتیکی را جمعیت یک و جمعیت سه (۰/۴۰۲) داشته است.

تجزیه به مختصات اصلی (PCoA) شاخه و فلس سه جمعیت ذخیره‌گاه سورکش

اولین مؤلفه اصلی بیشترین تغییرات داده‌های اولیه (۵۸/۸۶ درصد) را در بر دارد و داده‌ها همبستگی بالایی با یکدیگر نشان داده و دومین مؤلفه اصلی بیشترین تغییرات باقی‌مانده (۱۰/۹۸ درصد) را بعد از مؤلفه اصلی اول نشان می‌دهد (شکل ۳). نتایج تجزیه مختصات



شکل ۳- تجزیه به مختصات اصلی پراکسیداز شاخه و فلس سه جمعیت ذخیره‌گاه سورکش

Figure 3. Principal coordinate analysis (PCoA) of branch and leaf's peroxidase of three populations in Sorkesh reserved

جدول ۴- تجزیه واریانس مولکولی برای تفاوت ژنتیکی جمعیت‌های مورد بررسی

Table 4. Analysis of molecular variance for genetic variation of studied populations

تنوع ژنتیکی	واریانس تخمینی	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منبع تغییرات
Genetic diversity	Est.Var	MS	SS	Df	SSE
39%	1.43	16.60	33.20	2	بین جمعیت‌ها Among pops
61%	2.22	2.22	60.10	27	درون جمعیت‌ها Within pops
100%	3.66		93.30	29	کل Total

بحث

تعیین کمیت و ارزیابی تنوع ژنتیکی درون جمعیت و بین جمعیت‌های یک گونه این امکان را فراهم می‌کند تا بهترین روش‌های حفظ و نگهداری تنوع جمعیت‌ها را شناخت (Zulfaqhar, 2009). یکی از آنزیم‌های مهم که در بررسی‌های تنوع ژنتیکی کاربرد وسیعی پیدا کرده است، نشانگر پراکسیداز است (Ali Ahmad Korori, 1993). آنزیم پراکسیداز به دلیل تعدد جایگاه‌های ایزوآنزیمی بارها برای بررسی تنوع ژنتیکی درختان استفاده شده است (Ali Ahmad Korori, 2011). مقایسه نشانگر ایزوآنزیمی پراکسیداز اندام شاخه و فلس در ذخیره‌گاه سورکش فاضل‌آباد با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار GenAIEx نشان داد که اندام فلس با میانگین تعداد آلل مشاهده شده در هر جایگاه ژنی (۱/۴۸)، میانگین تعداد آلل مؤثر (۱/۴۹)، هتروزیگوتی قابل انتظار (۰/۲۷)، میانگین شاخص اطلاعات شانون (۰/۳۹)، تعداد باند (۹) و درصد چندشکلی (۶۶/۶۷) نسبت به ویژگی‌های آلی اندام شاخه با میانگین تعداد آلل مشاهده شده در هر جایگاه ژنی (۱/۳۹)، میانگین تعداد آلل مؤثر (۱/۴۲)، هتروزیگوتی قابل انتظار (۰/۲۴)، میانگین شاخص اطلاعات شانون (۰/۳۷)، تعداد باند (۶) و درصد چندشکلی (۶۶/۶۷) دارای مقادیر بیشتری نسبت به شاخه است. قسمت‌های مختلف گیاه دارای الگوهای پروتئینی ثابت نیستند، بلکه هر قسمت گیاه دارای الگوهای پروتئینی خاص خود است که این الگو می‌تواند معرف سیستم فیزیولوژیک آن قسمت از گیاه باشد. با توجه به نتایج مقایسه ویژگی‌های آلی اندام فلس و شاخه، اندام فلس دارای فعالیت آنزیمی بیشتری است. به نظر می‌رسد علت کم‌تر بودن فعالیت آنزیمی نمونه‌های شاخه نسبت به فلس ناشی از همیشه‌سبز بودن گونه و حساسیت بیشتر اندام فلس برای مقابله با

عوامل نامساعد محیطی و شروع سرما است. در این زمان آماده‌سازی متابولیکی گیاهان در برابر سرما شروع شده و معمولاً گیاهان در این شرایط نیازمند به افزایش پروتئین‌های خاصی هستند بنابراین چون اندام فلس بر اساس ساختار درونیش نسبت به شاخه حساس‌تر است دارای فعالیت آنزیمی بیشتری است. پژوهشگران بسیاری در بررسی تنوع ژنتیکی گونه‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ مورد پژوهش خود از پلی‌مورفیسم ایزوآنزیم پراکسیداز برگ استفاده کرده و نتایج بسیار خوبی را ارائه کردند (Calagari, Babaei et al., 2010; et al., 2007; Majourhat et al., 2002; Xuexin, Jalili et al., 1991). همچنین پژوهشی که توسط (1991; 2017) روی تنوع درون و بین جمعیتی گونه ارس بر اساس نشانگرهای ایزوآنزیمی پراکسیداز و استراز اندام‌های شاخه و فلس در رویشگاه چهارباغ انجام شدند نشان داد که میانگین تعداد آلل مشاهده‌شده در هر جایگاه ژنی (۰/۲۰۷)، میانگین تعداد آلل مؤثر (۰/۲۰۵)، هتروزیگوتی قابل انتظار (۰/۰۱۱)، میانگین شاخص اطلاعات شانون (۴۱/۵۷)، تعداد باند (۱۲) و درصد پلی‌مورفیسم پایه‌ها (۹۱/۶۷) برای اندام فلس متنوع‌تر از شاخه بوده و بالاترین مقدار تنوع را نشان داده است که در مقایسه با نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش دارای میانگین شاخص اطلاعات شانون، تعداد باند و درصد پلی‌مورفیسم بیشتر و میانگین تعداد آلل در هر جایگاه ژنی، میانگین تعداد آلل مؤثر، هتروزیگوتی قابل انتظار کمتری است.

در بررسی تنوع ژنوتیپی درون جمعیتی جمعیت‌های مورد بررسی به‌وسیله نشانگر ایزوآنزیمی پراکسیداز اندام فلس با توجه به نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار GenAIEx نشان داد جمعیت دو با میانگین تعداد آلل مشاهده‌شده در هر جایگاه ژنی (۲)، میانگین تعداد آلل مؤثر (۱/۷۷)،

مقایسه با نتایج حاصل از این پژوهش کمتر است. Seok-Woo et al. (2003) تنوع ژنتیکی نوش را در ۱۲۰ پایه از چهار جمعیت طبیعی در شمال کره بررسی کردند. نتایج نشان داد که مقدار تنوع ژنتیکی پایین است ($H_o=0/081$, $H_e=0/095$) که در مقایسه با نتایج این پژوهش هتروزیگوتی جمعیت‌های سورکش خیلی بالاتر است.

در مقایسه تنوع درون و بین جمعیتی جمعیت‌های مختلف رویشگاه سورکش با استفاده از سیستم فلس پراکسیداز با توجه به نتایج حاصل از آنالیز واریانس مولکولی (AMOVA)، تنوع درون جمعیتی حدوداً ۶۰ و تنوع بین جمعیتی حدوداً ۴۰ به دست آمد که با نتایج حاصل از ترکیب نشانگر پراکسیداز اندام فلس و شاخه مشابه است که باید برای افزایش تنوع درون جمعیتی تلاش بیشتری شود. در پژوهشی که توسط Perry et al. (1990) روی تنوع ژنتیکی درون و بین جمعیتی شش جمعیت از *Thuja occidentalis* در شمال غربی آنتاریو در کانادا انجام شد، نتایج نشان داد که حدود ۱/۶ درصد از کل تنوع ژنتیکی بین جمعیتی و ۹۸/۴ درصد درون جمعیتی بوده که در مقایسه با نتایج حاصل از این تحقیق تنوع درون جمعیتی بیشتر از بین جمعیتی بوده ولی تنوع درون جمعیتی گونه نوش پایین‌تر از هم‌جنس‌های خود در کره، چین و کانادا مشاهده شد. همچنین در پژوهش انجام شده توسط Xie et al. (1992) بر روی تنوع ژنتیکی نوش در چین نشان داد که تنوع بین-جمعیتی ۱۴ درصد و تنوع درون جمعیتی ۸۶ درصد به دست آمد. در پژوهشی که توسط Seok-Woo et al. (2003) روی تنوع ژنتیکی *Thuja orientalis* در شمال کره انجام شد تنوع درون جمعیتی بیشتر از بین جمعیتی به دست آمد. در پژوهشی که توسط Rostami et al. (2019) روی تنوع ژنتیکی سیب شرقی (*Malus orientalis*) در جنگل‌های هیرکانی

هتروزیگوتی قابل انتظار (۰/۴۲)، میانگین شاخص اطلاعات شانون (۰/۶۰) و درصد پلی‌مورفیسم (۱۰۰) نسبت به دو جمعیت دیگر دارای بیشترین شاخص‌های تفکیک آلی است و جمعیت سه و یک بعد از جمعیت دو به ترتیب دارای بیشترین شاخص‌های تفکیک آلی هستند که با نتایج ترکیب پراکسیداز اندام شاخه و فلس مشابه است. علت بالاتر بودن تنوع درون جمعیتی جمعیت دو احتمالاً به علت بزرگتر بودن این جمعیت نسبت به دیگر جمعیت‌های منطقه است و با توجه به حفاظت بهتر از این منطقه کمترین خسارت انسانی در این جمعیت مشاهده شد. در پژوهشی که توسط Perry et al. (1990) روی تنوع ژنتیکی درون و بین جمعیتی شش جمعیت از *Thuja occidentalis* در شمال غربی آنتاریو در کانادا با استفاده از الکتروفورز مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد محدوده هتروزیگوتی جمعیت‌ها بین ۰/۰۷۷ تا ۰/۱۰۹ و میانگین ۰/۰۹۴ بود که در مقایسه با نتایج این پژوهش کمتر است. همچنین در تحقیقی که توسط Lamy et al. (2011) روی تنوع ژنتیکی و ساختار ژنتیکی شش جمعیت از *Thuja occidentalis* را در جنوب کبک کانادا با استفاده از الکتروفورز ژل استات سلولز انجام شد نتایج نشان داد میانگین درصد چندشکلی ۵۴/۲ درصد، میانگین آلل مشاهده شده در هر جایگاه ۱/۶، میانگین آلل موثر ۱/۱۵، هتروزیگوتی مشاهده شده ۰/۱۱۶ و هتروزیگوتی مورد انتظار ۰/۱۲۹ بود و هیچ تفاوت معنی‌داری بین شش جمعیت برای این پنج شاخص ژنتیکی وجود نداشت که در مقایسه با نتایج تحقیق حاضر مقادیر کمتری دارد. در پژوهش دیگری که توسط Xie et al. (1992) روی تنوع ژنتیکی ۱۴ جمعیت از رویشگاه طبیعی نوش در چین انجام شد، نشان داد به طور متوسط تعداد آلل مشاهده شده ۱/۸۹، درصد چندشکلی ۵۷/۰۰ و هتروزیگوتی مورد انتظار ۰/۱۴۴ به دست آمد که در

بیشتر به عمل آید که این کار را می توان با محصور کردن رویشگاه و جلوگیری از ورود دام به داخل عرصه، تهیه بذر از پایه های شاخص این دو جمعیت و در امر زادآوری طبیعی یا تولید نهال برای احیای مصنوعی اهمیت بیشتری به این پایه ها داده شود. جمعیت یک به علت نزدیکی بیشتر به تأثیرات مخرب انسانی مانند کوبیدگی خاک در اثر رفت آمد و ورود دام از تنوع کمتری برخوردار است. همچنین برای حمایت، حفاظت و حراست فیزیکی به تنهایی کافی نیست. به احتمال خیلی زیاد در جمعیت ضعیف تعداد آل های مؤثر نیز کاهش یافته است (این موضوع در جدول ۲ که به فعالیت آنزیم پروکسیداز فلس مربوط می شود کاملا مشهود است). کاهش آل های مؤثر نشان می دهد که تعداد پایه هایی که نقش مؤثر در گرده افشانی و لقاح دارند کاهش پیدا کرده است. می توان پیشنهاد داد که بذر برخی از پایه های شاخص از جمعیتی که تنوع بهتری دارند را در جمعیت ضعیف بکارند. حتی می توان موضوع تشکیل باغ بذر را برای نوش پیشنهاد داد. یکی از کارکردهای مهم برنامه های بین المللی باغ بذر، کارکرد آن برای توسعه نسل های مقاوم به تنش های ناشی از تغییر اقلیم است.

References

- Ali Ahmad Korori, S.; Khoshnevis, M., Matinizadeh, M., Comprehensive studies of *Juniperus spises* in Iran. Introduction 1. Forest, Range and Watershed Management Organization, Tehran. 2011; 549 p.
- Ali Ahmad Korori, S.; Salehi Shanjani, P., Matinizadeh, M., Moraghebi, F., Teymouri, M., Maghouli, F., Jabali, M., Study of the relationship between *Juniperus polycarpus* and *J. Excelsa* foundations using an enzymology. *Research and Development Journal* **1993**, (37), 38-41.
- Azadfar, D., Ecological study and genetic classification *Cerasus avium* trees of Waz Research Forest, Master's thesis, Faculty of

ایران انجام شد نتایج نشان داد تنوع درون و بین جمعیت ها به ترتیب ۹۷ و سه درصد از کل تنوع بود که بیانگر تنوع درون جمعیتی قابل ملاحظه در جمعیت های این گونه است. با توجه به نتایج به دست آمده بر اساس سوزنی برگان دو پایه دیرزیست، سطوح تنوع ژنتیکی به طور نظری بایستی در درون جمعیت ها بالاتر از بین جمعیت ها باشد (Hawkins and Sweet, 1989).

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده مطابق جدول (یک و دو) مشاهده می شود که اندام فلس در گونه نوش دارای ویژگی های آلی بهتری نسبت به شاخه در پژوهش های تنوع ژنتیکی است. همچنین مشاهده می شود که تنوع درون جمعیتی بیشتر از بین جمعیتی است. بنابراین به طور کلی مشاهده می شود ذخیره گاه سورکش فاضل آباد یکی از مهم ترین ذخایر ژنتیکی گونه های چوبی کشور بوده که با توجه به مقدار تنوع ژنتیکی به نسبت خوب ولی کوچک بودن جمعیت باقی مانده باید نسبت به گسترش ذخیره گاه در محل ذخیره گاه و همچنین مناطق دیگر مستعد رویش این گونه اقدامات لازم به کمک زادآوری طبیعی، بذرگیری از پایه های شاخص برای جنگل کاری انجام شود. همچنین پیشنهاد می شود از دو جمعیت دیگر (یک و سه) که دارای تنوع کمتری هستند حفاظت

- Natural Resources, Tarbiat Modarres University, 1998; 157p (In persian).
- Babaei, F.; Jalali, GH., Azafar, D., Study of the genetic diversity of *Zelkova carpinifolia* trees using leaf isoenzyme peroxidase in three plum cultivations in northern Iran. *Journal of Genetic Research and Plant Breeding in Iran* **2010**, 1 (18), 83-92. (In persian)
- Calagari, M.; Jafari Mofidabadi, A., Tabari, M., Hoseini, S.M., Genetical variation on natural populations of *Populus euphratica Oliv.* by peroxidase isoenzyme, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2007**, 15 (2), 115-122. (In persian)
- Fallah, H.; Tabari, M.; Azadfar, D., Determination ecotypes of *Populus caspica* Bornm. in plain communities of Caspian

- forests using morphological markers of leaf and peroxidase isoenzymes. *Taxonomy and Biosystematics* **2011**, 3 (6), 47-58.
- Ghahraman, A., Flora of Iran, Publications of the Institute of Forest and Rangeland Research, 2000; 320 p (In persian).
- Grambow, H.; Langenbeck-Schwich, B., The relationship between oxidase activity, peroxidase activity, hydrogen peroxide, and phenolic compounds in the degradation of indole-3-acetic acid in vitro. *Planta* **1983**, 157 (2), 132-137.
- Hawkins, B.; Sweet, G., Genetic variation in rimu—an investigation using isozyme analysis. *New Zealand journal of botany* **1989**, 27 (1), 83-90.
- Höld, K. M.; Sirisoma, N. S.; Ikeda, T.; Narahashi, T.; Casida, J. E., α -Thujone (the active component of absinthe): γ -Aminobutyric acid type... <http://ukpmc.ac.uk/articles/PMC18101/reload=0;jsessionid=F0E1D05>. *Proc Natl Acad Sci US A* **2000**, 97 (8), 3826-3831.
- Imam, M., In vitro propagation of *Thuja orientalis* L. through its branches. *Genetic Research and Breeding of Rangeland and Forest Plants of Iran* **2003**, 11 (1), 1-15. (In Persian)
- Jalili, Y.; Azadfar, D., Saeedi, Z., The Effect of domain on genetic diversity of *Juniperus Polycarpus* C. Koch in Chaharbagh of Golestan Province using biochemical markers. *Journal of Plant Environmental Physiology* **2017**, 12 (470), 66-75. (In Persian)
- Karimi, L.; Azadfar, D., Consideration and comparison of genetic diversity of English yew species (*Taxus baccata* L.) by using branch and leaf peroxidase. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research* **2011**, 18 (2).
- Korori, S., Dissertationsarbeit Zur Eelangung des Dokorgrades and der Universtat fer Bodenkult in Wien Eingereicht von Frou Dipl. Ing: 1989.
- Lamy, S.; Bouchard, A.; Simon, J.-P., Genetic structure, variability, and mating system in eastern white cedar (*Thuja occidentalis*) populations of recent origin in an agricultural landscape in southern Quebec. *Canadian journal of forest research* **1999**, 29 (9), 1383-1392.
- Majourhat, K.; Bendiab, K.; Medraoui, L.; Baaziz, M., Diversity of leaf peroxidases in date palm (*Phoenix dactylifera* L.) as revealed in an example of marginal (seedling derived) palm groves. *Scientia horticulturae* **2002**, 95 (1-2), 31-38.
- Mobin, S., Vegetables of Iran-Flora of vessel. Volume I, Tehran University Press, Second Edition, 1981; 496 p. (In persian).
- Mozaffarian, V., Iranian Trees and Shrubs. Contemporary Culture Publishing, 2004; 991p. (In persian)
- Perry, D. J.; Knowles, P.; Yeh, F. C., Allozyme variation of *Thuja occidentalis* L. in northwestern Ontario. *Biochemical systematics and ecology* **1990**, 18 (2-3), 111-115.
- Rostami, R.; Seyedi, N.; Yousefzadeh, H., 2019. Genetic diversity of wild apple (*Malus orientalis* Uglitz.) in hyrcanian Forests of Iran by SSR markers, *Journal of Forest Research and Development*, 5(2): 169-179 (In persian).
- Sabeti, H., Forests, shrubs and trees of Iran. Yazd University Press, 2002; 810 p. (In Persian)
- Salehi Shanjani, P., Quantitative and qualitative study of *Taxus* peroxidase enzyme activity in Golestan and Arasbaran forests. *Iranian Biology Journal* **2001**, 20 (1-2), 31-39 (In persian).
- Salehi shanjani, P.; Sagheb talebi, KH., The survey of qualitative and quantitative morphological characteristics of Iranian *Ficus* stands from a gene conservation perspective. *Iranian Forest and Populus Research* **2006**, 12 (2), 147-184 (In persian).
- Seok-Woo, L.; Soo Kim, CH., Seong Jang, S., Min Chung, J., Genetic Variation of *Thuja orientalis* in South Korea. **2003**, 5 (2), 203.
- Stich, K.; Ebermann, R., Investigation of the substrate specificity of peroxidase isoenzymes occurring in wood of different species. *Holzgorschung* **1988**, 42(3):221-224.
- Sulkowska, M. K., Isoenzyme analyses tools used long time in forest science. *Electrophoresis* **2012**, 157-172.
- Wahid, N.; Joudre, H.; Lamhamedi, M. S.; El-Abidine, A. Z.; Boulli, A., Evaluation of the structure and genetic variability of natural populations of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in Morocco using isozyme markers. *Acta Botanica Gallica* **2010**, 157 (3), 419-431.
- Xie, C. Y.; Dancik, B. P.; Yeh, F. C., Genetic structure of *Thuja orientalis*. *Biochemical Systematics and Ecology* **1992**, 20 (5), 433-441.

- Xuexin, S., An Approach on Genetics and variation of peroxidase of Natural *populus euphratica* Population. *Journal of Desert Research* **1991**, *11* (1).
- Yeh, F. C.; Yang, R.; Boyle, T. B.; Ye, Z.; Mao, J. X., POPGENE, the user-friendly shareware for population genetic analysis. *Molecular biology and biotechnology centre, University of Alberta, Canada* **1997**, *10*, 295-301.
- Zulfaqhar, S.; Danehkar, A., Etemad, V., Monogram of *Tuja orientalis*. *Monthly Journal of Analytical-Research, Sabineh* **2009**, *4* (40), 65.
- Zulfaqhar, S.; Danehkar, A., Sharifi, N., Revision of the Conservation Stage of *Tuja orientalis* accordance in with the IUCN Criteria **2010**, *23* (199), 40.

Study of genetic diversity *Thuja orientalis* by Peroxidase marker in reserved forest of Sorkesh

M. Khazaei poul^{*1}, D. Azadfar² and Z. Saeedi³

1- M.Sc. Graduate of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (khazaeimasoomeh65@yahoo.com)

2- Associate Professor, Department of Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (azadfar@gau.ac.ir)

3- Expert of the General Department of Natural Resources and Watershed Management of Golestan Province, Gorgan, I. R. Iran. (Saeedizohre@gmail.com)

Received: 14.02.2020 Accepted: 05.08.2020

Abstract

The aim of this study was to determine and compare the genetic diversity of wild populations of *Thuja orientalis* by biochemical markers polymorphism of leaves and two-year-old branches Peroxidase. The sampling was done in 30 individuals of *Thuja orientalis* in three populations. Samples were taken from medium crown height in the south direction. Data analysis was performed by GenAlEx software on the allele characteristics of the studied markers and comparing the ability of these two organs and grouping of the trees to examine the intra- and inter-population variation by cluster analysis of electrophoretic data (prepared gels) by NTSYS 2.02 software. Qualitative measures were studied by vertical electrophoresis and PAGE (polyacrylamide gel electrophoresis) method and the electrophoretic data were classified using cluster analysis. According to the results, the second population with the average number of alleles observed per gene locus (2), the average effective number of alleles (1.77), the expected heterozygosity (0.42) and the percentage of polymorphism (100) have the most allelic separation indices in comparison to the other two populations. Also, the higher genetic diversity in intra-population (nearly 60) than inter-populations (nearly 40) should be considered in the management of this reserved forest to increase diversity. Also, the scale in *Thuja sp.* with the average number of alleles observed per gene locus (1/48), the average effective number of alleles (1.49), the expected heterozygosity (0.27), mean Shannon's information index (0.39), number of bands (9) and percentage of polymorphism (66/67) has better allelic characteristics than the branch in genetic diversity studies.

Keywords: Biochemical marker, Electrophoresis, Fazel Abad, Intra population diversity.

* Corresponding author

Tel: +989336250271

بررسی فیتوشیمیایی و پالینولوژی خزهای *Forsstroemia remotifolia*، *Homalia besseri* و
Pseudoleskeella catenulata در شمال ایران

سیده سپیده سیدموسوی^۱، آرمان محمودی اطاقوری^{۲*}، حبیب زارع^۳، طاهره السادات آقاجانزاده^۴

- ۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد سیستماتیک - اکولوژی گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. (Sepid.sm17@gmail.com)
- ۲- دانشیار، گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. (Botany1347@gmail.com)
- ۳- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (hh.zare@gmail.com)
- ۴- دانشیار، گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران. (t.aghajanzadeh@umz.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۷/۱۹

چکیده

گونه *Forsstroemia remotifolia* قبلاً متعلق به تیره Leskeaceae بوده و نام قدیمی آن *Pseudoleskeella laxiramea* (Schiffn.) Broth است که بر اساس تحقیقات ریخت‌شناسی، در تیره Neckeraceae قرار داده شده است. در این پژوهش، برای برطرف کردن ابهاماتی که در رده‌بندی این گونه وجود دارد، بررسی فیتوشیمیایی و پالینولوژی در گونه‌های *F. remotifolia*، *Homalia besseri* و *Pseudoleskeella catenulata* ضروری است. نتایج حاصل از داده‌های کروماتوگرافی گازی نشان داد که گونه *F. remotifolia* دارای ۲۱ نوع اسید چرب، گونه *H. besseri* دارای ۲۳ نوع اسید چرب و گونه *P. catenulata* دارای ۱۸ نوع اسید چرب است. تجزیه و تحلیل داده‌های اسیدهای چرب بیان‌کننده ۶۱/۵۳ درصد تشابه در ترکیبات اسیدهای چرب در بین گونه‌های *F. remotifolia* و *P. catenulata* است. نتایج حاصل از داده‌های پالینولوژی نشان داد که شکل هاگ در جمعیت‌های مربوط به گونه *F. remotifolia* کروی بوده و شکل هاگ در جمعیت‌های *H. besseri* به صورت oblate است. شکل هاگ در جمعیت علی‌آباد متعلق به گونه *H. besseri* به صورت prolate بوده و در جمعیت دودانگه متعلق به گونه *P. catenulata* به صورت کروی است. نتایج کلی بیانگر این واقعیت است که این نتایج کاملاً با یکدیگر مطابقت داشته و نشان‌دهنده شباهت و نزدیکی گونه *F. remotifolia* به گونه *P. catenulata* است.

واژه‌های کلیدی: بیوسیستماتیک، تنوع اسیدهای چرب، خز، هاگ، هیرکانی.

مقدمه

محققان خارجی این پژوهش‌ها را ادامه داده و ۹۱ گونه دیگر را به فلور خزهای ایران اضافه کردند (Frey and Kürschner, 2010, Ghahreman et al., 2007, Shirzadian, 2011, Zare et al., 2011, Sharifnia et al., 2011).

خزها برای سازگاری با محیط، از طریق رمزگذاری ژنتیکی توسط تولید مناسب و متنوع متابولیت‌های اولیه و ثانویه در حال تکامل هستند؛ بنابراین، حضور یا عدم حضور متابولیت‌های خاص می‌تواند به‌عنوان یک ابزار مفید و مؤثر در رده‌بندی مورد استفاده قرار گیرد (Buchanan et al., 2015). بررسی‌های بسیاری روی ترکیبات شیمیایی خزها انجام شده است (Croisier and Pohnert, Asakawa, 1995, Saritas et al., 2001, Kohn et al., 1987, 2010, Wyatt et al., 1991a, 1991b, Xie and Lou, 2009) که در این میان اسیدهای چرب متنوع‌ترین گروه نسبت به دیگر ترکیبات بوده است (Koskimies and Simola, 1980). خزها دارای یک سازگاری ذاتی در برابر تنش‌های مختلف زنده و غیرزنده هستند که اسیدهای چرب نقش اساسی در استراتژی دفاع شیمیایی خزها ایفا می‌کنند (Mitra, 2017).

علاوه بر ترکیبات شیمیایی، گیاه‌شناسان برای ایجاد روابط تکاملی ثابت در بین گیاهان از هاگ یا دانه گرفته برای رده‌بندی آن‌ها استفاده می‌کنند. هاگ‌ها به دلیل داشتن هاگوپولنین در لایه خارجی دیواره خود (اگزین) در محیط برای مدت‌ها بدون تغییر باقی می‌مانند. همچنین ساختمان و تزئینات سطح دیواره هاگ دارای ارزش تشخیصی است؛ بنابراین، امکان بررسی ارتباط تکاملی موجود در بین جمعیت‌های گیاهی را فراهم می‌سازد (Rütten and Santarius, 1992, 1993). تحقیق روی خزها نشان داده است که هاگ‌ها می‌توانند بدون تزئینات سطحی و یا دارای تزئینات سطحی با

خزگیان در حال حاضر ابتدایی‌ترین گروه از گیاهان کورموفیت هستند. این گروه گیاهی فاقد اندام‌های حقیقی ساقه، ریشه و برگ هستند، اگرچه دارای ساختارهایی شبیه به آن هستند. خزها فاقد آوند بوده و جذب آب را از طریق رطوبت موجود در هوا انجام می‌دهند که از طریق پدیده اسمز، آب را در سلول‌ها منتقل می‌کنند (Zare et al., 2015). خزها برای رشد و نمو خود و گسترش در رویشگاه‌های مختلف نیاز به شرایطی دارند که رطوبت محیط، از مهم‌ترین آن‌ها به شمار می‌رود (Zare et al., 2017) و جنگل‌های هیرکانی یکی از زیستگاه‌های مناسب برای آن‌ها را فراهم می‌سازد که سبب تنوع بالایی از خزها در این منطقه شده است (Naqinezhad et al., 2007; Kürschner et al., 2012). با وجود تنوع خزها، سیستماتیک آن‌ها در مقایسه با گیاهان دیگر، کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Kenrick and Crane, 1997). در رابطه با رده‌بندی خزها و در خصوص تعداد دقیق گونه‌های خز اختلاف زیادی در منابع وجود دارد (Shaw and Goffinet, 2000). در جهان، حدود ۱۶ راسته، ۱۰۷ تیره و تقریباً ۸۸۰ جنس و ۱۲۰۰۰ گونه خز شناخته شده است (Goffinet and Buck, 2004). محققان بسیاری (Buhse and Akhane and Kürschner, 2004, Frey, 1981, Edw, 1920, Boissier, 1860, Frey and Kürschner, 1979, and Kürschner, 1977, Juratzka and Milde, Frey and Kürschner, 1983, Kurschner and Akhane, Kurschner, 1996, 1870, Schiffner, 1901, Schiffner, 1897, 2000, Schiffner, 1910, Schiffner, 1908) بر روی فلور خزهای ایران پژوهش‌هایی داشته و توانستند ۴۳۷ آرایه (دو گونه علف‌شاخی، ۶۸ گونه علف‌جگری و ۳۶۷ گونه خز) را به ثبت برسانند. محققان ایرانی به همراه

پالینولوژی در شمال ایران است. تاکنون هیچ گونه تحقیق بیوسیستماتیکی روی این خزها در ایران انجام نشده است. این پژوهش اولین بررسی اسید چرب و پالینولوژی خزهای گونه‌های *F. remotifolia*، *H. besseri* و *P. catenulata* در دنیا محسوب می‌شود.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش سه جمعیت از گونه *F. remotifolia* و سه جمعیت از گونه *H. besseri* در سه استان گیلان، مازندران و گلستان (در هر استان یک جمعیت) و یک جمعیت از گونه *P. catenulata* در استان مازندران (جدول ۱) به‌طور هم‌زمان در پاییز ۱۳۹۶ جمع‌آوری شد. سپس گونه‌ها توسط کلیدهای شناسایی (Nyholm, 1975; Kürschner and Frey, 2011) در آزمایشگاه سیستماتیک گیاهی دانشگاه مازندران شناسایی شدند.

بررسی فیتوشیمیایی

ارزیابی اسیدهای چرب با استفاده از روش (Mongrand et al., 2005) و پس از متیل‌استرشدن انجام شد. ابتدا بخش‌های سبز و بدون ریشه خزها جدا شد و برای استخراج مورد استفاده قرار گرفت. برای متیل‌استر کردن اسیدهای چرب، ۱ گرم از نمونه‌های خشک (نمونه‌های خز در دمای بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس و در سایه خشک شده است) و پودر شده با ۲۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (۲/۵ درصد) به مدت ۱۰ دقیقه تحت امواج اولتراسونیک قرار گرفت و بعد از آن به مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس در بن ماری حرارت داده شد. پس از سرد شدن، ۵ میلی‌لیتر هگزان و ۵ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۵۰۰ سانتی‌رفیوژ شد. پس از فاز بالایی که شامل اسیدهای چرب متیل‌استر شده بود جدا شده و در ویال‌های جداگانه قرار گرفتند. برای بررسی

زواید ریز یا درشت زگیل‌مانند است. هاگ‌ها بر اساس تزینات سطح اگزین، به انواع زگیلکی (Verrucate)، جوانه‌ای-سمباده‌ای (Scabrate-gemmate)، جوانه‌ای (Gemmate)، چوگانی (Pilate)، چوگانی شبکه‌ای (Retipilate) و چین‌خورده‌ای (Rugulate) تقسیم می‌شوند (Safaiipour and Nazem Bokaei, 2005). بررسی ساختار هاگدان در پنج گونه خز (*Atichum crispum*، *Orthotrichum rupestre*، *Tortula norvegica*، *Schistidium martimum*، *Funaria hygrometrica*) نشان داده است که در یک گونه هماهنگی ساختاری بین سطح هاگ‌ها و شکل دندان‌های پرستوم و همچنین در گونه‌های مختلف همسانی مکانیکی بین زگیل‌ها و مژه‌ها وجود دارد.

Homalia besseri، *Forsstroemia remotifolia*

و *Pseudoleskeella catenulata* از گونه‌های بومی جنگل‌های هیرکانی هستند که گاهی از نظر ریخت‌شناختی دارای پلی‌مورفیسم بوده و تفاوت‌های ریخت‌شناختی بین این گونه‌ها اغلب مبهم است. گونه *F. remotifolia*، خزهای است که به‌تازگی برای فلور ایران شناسایی و با ترکیب جدید نام‌گذاری شده است (Zare et al., 2017). این گونه که قبلاً به تیره Leskeaceae تعلق داشته و نام قدیمی آن *Pseudoleskeella laxiramea* (Schiffn.) Broth. بوده است، بر اساس تحقیقات اخیر که بر پایه ریخت‌شناسی انجام شد، از این تیره حذف و به تیره Neckeraceae اضافه شد (Hedenas and Zare, 2010).

بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی جایگاه دقیق تاکسونومیکی *F. remotifolia* و نیز ارتباط بین جمعیت‌های گونه‌های *F. remotifolia*، *H. besseri* و *P. catenulata* بر اساس داده‌های اسید چرب و

و دمای آون ۵۰ درجه سلسیوس (زمان ذخیره‌سازی یک دقیقه) بوده است. افزایش به مقدار ۸ تا ۱۲۰ درجه سلسیوس (زمان ذخیره‌سازی یک دقیقه) و افزایش به مقدار ۶ تا ۲۵۰ درجه سلسیوس صورت پذیرفت. در پایان مدت ۱۵ دقیقه درجه حرارت ۲۵۰ درجه سلسیوس گزارش شد. بر اساس حضور و عدم حضور مشتقات اسیدهای چرب، نزدیکی و واگرایی در بین جمعیت‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به روش Ward با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵ انجام شد.

کمی و کیفی اسیدهای چرب موجود در خزّه از روش کروماتوگرافی گازی توسط دستگاه GC/MS (مدل Agilent technology, 7890B-5977B MSD) استفاده شد. برای انجام کروماتوگرافی، ۰/۵ میکرولیتر از نمونه‌ها برداشته شده و با مشخصات ستون از قبیل ستون کاپیلاری DB-5 MS در ابعاد ۳۰ متر، قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و طول هر لایه داخلی ۰/۲۵ میکرومتر به دستگاه GC/MS تزریق شد. گاز حامل هلیوم (۹۹/۹۹ درصد)، مقدار جریان ۱ مول بر دقیقه، تزریق حجم نمونه ۱ میکرو لیتر، دمای انژکتور ۲۵۰ درجه سلسیوس

جدول ۱- مکان‌های نمونه‌برداری، اختصار جمعیت‌ها، طول جغرافیایی، عرض جغرافیایی و ارتفاع (متر) جمعیت‌های مورد بررسی در شمال ایران

Table 1. Plant sampling locations, population's abbreviation, latitude, longitude and altitude (m) of *F. remotifolia*, *H. besseri* and *P. catenulata* in North of Iran

ارتفاع (متر) Altitude (m)	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	اختصار جمعیت‌ها Population's abbreviation	شهر (استان) City (Province)	آرایه Taxon
709	49° 00' 7.46"E	37°18'26.48"N	F. r. M	ماسال (گیلان) Masal (Guilan)	<i>Forsstroemia remotifolia</i>
720	53°15' 53.6" E	36°13'40.70"N	F. r. Do	دودانگه (مازندران) Dodangeh (Mazandaran)	
704	54°57'4.42" E	36°50'42.74"N	F. r. A	علی‌آباد (گلستان) Aliabad (Golestan)	
663	48°59'36.50"E	37°19'0.10"N	H. b. M	ماسال (گیلان) Masal (Guilan)	<i>Homalia besseri</i>
730	53°15'54.00"E	36°13'39.10"N	H. b. Do	دودانگه (مازندران) Dodangeh (Mazandaran)	
620	55° 0'3.80"E	36°49'21.20"N	H. b. A	علی‌آباد (گلستان) Aliabad (Golestan)	
720	53°15' 53.6" E	36°13'40.70"N	P. c. Do	دودانگه (مازندران) Dodangeh (Mazandaran)	<i>Pseudoleskeella catenulata</i>



شکل ۱- مناطق نمونه‌برداری جمعیت‌های گونه‌های *F. remotifolia*, *H. besseri* و *P. catenulata* در شمال ایران.

Figure 1. The collection site of *F. remotifolia*, *H. besseri*, and *P. catenulata* populations in north of Iran.

بررسی پالینولوژی

بررسی پالینولوژی با استفاده از روش (Khoshravesh and Osaloo, 2007) از سه جمعیت از گونه *F. remotifolia*، سه جمعیت از گونه *H. besseri* و یک جمعیت از گونه *P. catenulata* و سه تکرار در هر جمعیت انجام شد. هاگدان‌های هر جمعیت جدا شد و به صورت جداگانه داخل محلول اتانول ۹۶ درصد قرار داده شدند. پس از سه هفته هاگدان‌ها از اتانول خارج شده و عکس‌برداری از هاگ جمعیت‌های مختلف توسط میکروسکوپ KYKY مدل EM3 200 صورت پذیرفت. سپس ۱۰ صفت کمی و هفت صفت کیفی با استفاده از نرم‌افزار Digimizer مورد بررسی قرار گرفتند. به تمام صفات کد اختصاصی تعلق گرفت و با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۵، نمودارهای دندروگرام و اسکری پلات ترسیم شد تا روابط بین جمعیت‌های گونه‌های موردنظر به وضوح مشخص شود.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی فیتوشیمیایی

نتایج حاصل از تفکیک ترکیبات اسید چرب نشان‌دهنده وجود تنوع در بین گونه‌های مورد بررسی است. در عصاره مربوط به جمعیت F. r. M، ۲۱ ترکیب اسید چرب شناسایی شد که جمعاً ۸۷/۵ درصد از کل ترکیبات عصاره را تشکیل می‌دهند. Hexadecanoic acid بیشترین مقدار را در بین ترکیبات اندازه‌گیری شده به خود اختصاص داده است. در عصاره مربوط به جمعیت F. r. Do نیز ۲۱ ترکیب اسید چرب که 9,12,15-Octadecatrienoic acid بیشترین مقدار را در بین ترکیبات شناسایی شده دارا بوده و جمعاً ۲۴/۴۲ درصد از کل عصاره را در ترکیبات اسید چرب تشکیل می‌دهند. همچنین در عصاره مربوط به جمعیت F. r. A، ۲۱ ترکیب اسید چرب موجود است که ترکیب 9-Octadecenoic acid به‌عنوان بیشترین ترکیب

چرب مقدار ۹۶/۸۵ درصد از کل عصاره را شامل می‌شود. در عصاره جمعیت H. b. A، ۲۳ نوع اسید چرب شناسایی شد که یک ترکیب به نام Heptadecanoic acid به‌تنهایی مقدار ۵۳/۴۰ درصد از حجم کلی عصاره را شامل می‌شود. در جمعیت P. c. Do، ۱۸ نوع اسید چرب شناسایی شد که Hexadecanoic acid به‌عنوان بیشترین ترکیب معرفی شد و جمعاً ۹۵/۰۹ درصد از کل ترکیبات عصاره را به خود اختصاص می‌دهند.

شناسایی شده، در مجموع ۹۲/۳۸ درصد از کل عصاره را در ترکیبات اسید چرب تشکیل می‌دهند. در عصاره جمعیت H. b. M، ۲۳ نوع اسید چرب شناسایی شد که 9,12,15-Octadecatrienoic acid به‌عنوان بیشترین ترکیب شناسایی شده، در مجموع ۹۴/۶۹ درصد از حجم عصاره را ترکیبات اسید چرب به خود اختصاص می‌دهند. در عصاره جمعیت H. b. Do، نیز ۲۳ نوع اسید چرب شناسایی شد که Hexadecanoic acid به‌عنوان بیشترین ترکیب معرفی شده و مجموع انواع اسیدهای

جدول ۲- صفات استفاده‌شده در روش پالینولوژی

Table 2. Characteristics used in palynology method

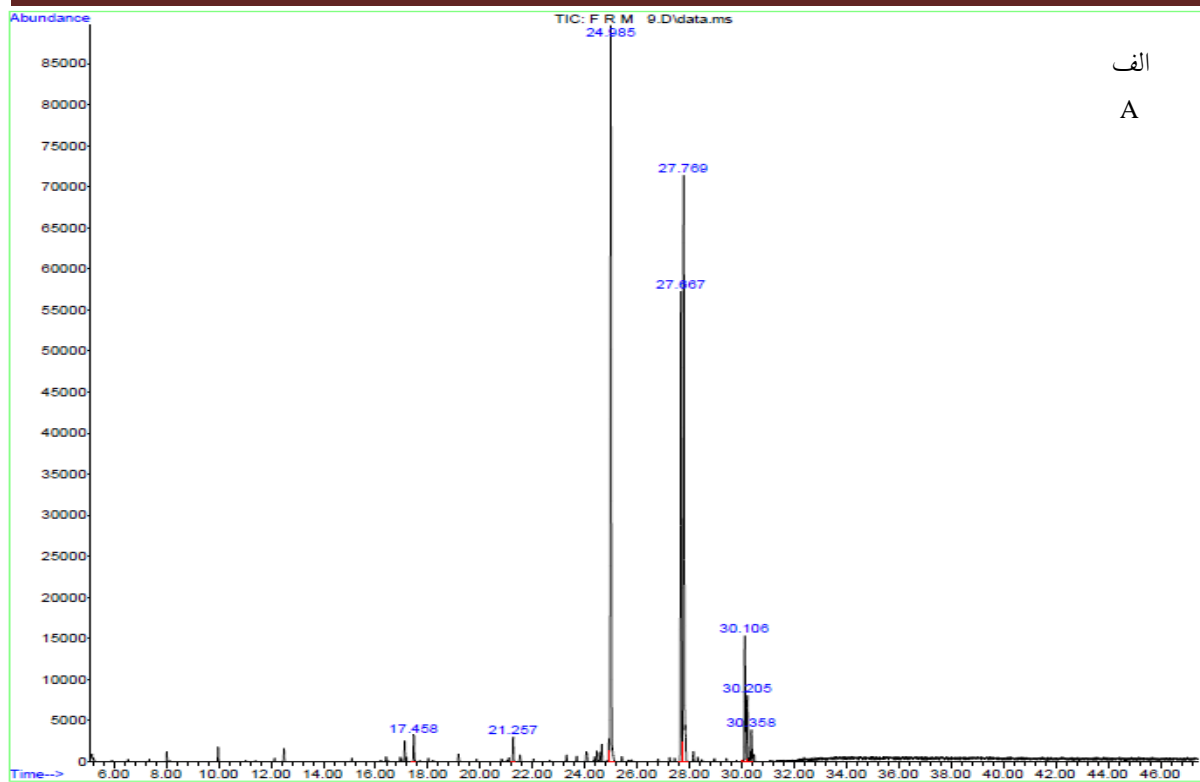
صفات کیفی	شماره	صفات کمی	شماره
Qualitative traits	No.	Quantitative traits	No.
واحد دانه هاگ	11	طول محور قطبی	1
Spore unit		Polar axis	
کلاس دانه هاگ	12	عرض محور استوایی	2
Spore class		Equatorial diameter	
شکل دانه هاگ	13	نسبت طول محور قطبی / محور استوایی	3
Spore shape		P/E ratio	
منفذ	14	فاصله بین منافذها	4
Aperture		Distance between pores	
نوع منفذ	15	طول منفذ	5
Aperture type		Pore length	
وضعیت منفذ	16	عرض منفذ	6
Aperture position		Pore width	
ترئینات سطح اگزین	17	طول شاخک	7
Exin surface sculptures		Echinus length	
-		فاصله بین شاخک‌ها	8
		Distance between echinuses	
-		تعداد منفذ	9
		Pore number	
-		اندازه دانه هاگ	10
		Spore size	

جدول ۴- نوع و مقدار اسیدهای چرب موجود در جمعیت‌های *P. catenulata* و *H. besseri*, *F. remotifolia* با استفاده از

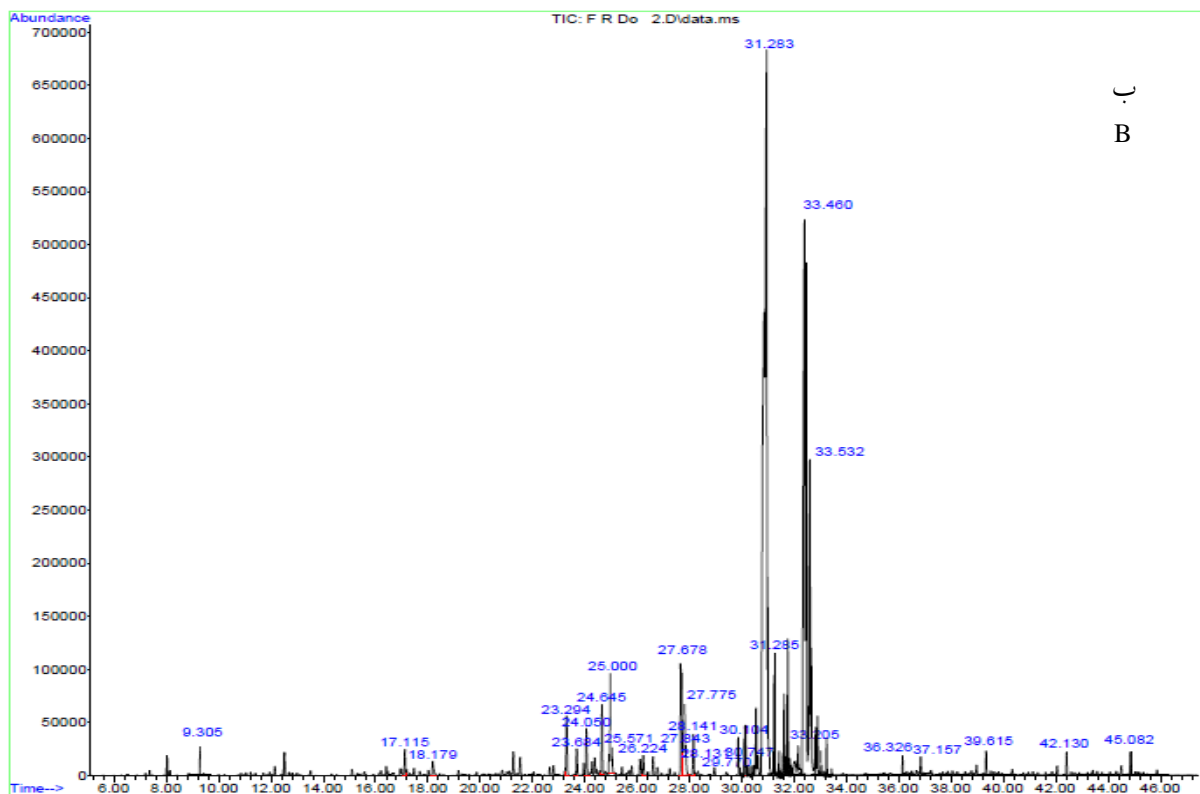
دستگاه GC/MS

Table 4. Type and amount of fatty acids in populations of *F. remotifolia*, *H. besseri*, and *P. catenulata* by using GC/MS

جمعیت‌ها Populations							ترکیبات Compound	شماره No.
P. c. Do	H. b. M	H. b. Do	H. b. A	F. r. M	F. r. Do	F. r. A		
% 1.44	% 0.95	% 1.82	> 0.1	> 0.1	% 0.49	% 1.04	Nonanedioic acid	1
% 4.88	% 1.94	% 0.87	> 0.1	> 0.1	% 0.45	% 3.00	Pentadecanoic acid	2
% 32.93	% 26.13	% 31.51	> 0.1	% 34.14	% 3.79	% 28.58	Hexadecanoic acid	3
% 4.19	% 0.27	% 1.27	> 0.1	> 0.1	% 0.57	% 1.23	7-Hexadecenoic acid	4
% 2.65	-	-	-	> 0.1	> 0.1	% 36.22	9-Octadecenoic acid	5
% 1.69	% 0.88	% 0.75	> 0.1	> 0.1	% 0.37	% 1.92	Octadecanoic acid	6
% 3.73	% 9.65	% 8.56	> 0.1	> 0.1	% 3.42	% 1.63	5,8,11,14-Eicosatetraenoic acid	7
% 10.86	% 13.25	% 17.51	> 0.1	% 20.90	% 3.76	% 18.76	9,12-Octadecadienoic acid	8
% 20.68	% 27.8	% 27.25	> 0.1	% 32.46	% 4.99	> 0.1	9,12,15-Octadecatrienoic acid	9
% 0.51	% 0.32	> 0.1	% 53.40	> 0.1	% 0.3	> 0.1	Heptadecanoic acid	10
% 2.32	% 0.47	% 0.63	> 0.1	> 0.1	% 0.25	> 0.1	Tetradecanoic acid	11
-	% 0.88	% 0.73	> 0.1	> 0.1	% 0.66	> 0.1	7,10-Hexadecadienoic acid	12
-	% 0.42	> 0.1	> 0.1	> 0.1	% 0.3	> 0.1	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy	13
-	% 1.00	% 0.62	> 0.1	> 0.1	% 0.18	> 0.1	Hexadecanedioic acid	14
% 3.38	% 4.13	% 3.70	> 0.1	> 0.1	% 1.64	> 0.1	5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid	15
-	% 2.27	> 0.1	> 0.1	> 0.1	% 1.28	> 0.1	7,10,13-Eicosatrienoic acid	16
-	% 0.41	> 0.1	> 0.1	> 0.1	% 0.18	> 0.1	11,13-Eicosadienoic acid	17
% 0.55	% 0.28	> 0.1	> 0.1	> 0.1	% 0.15	> 0.1	Eicosanoic acid	18
-	% 0.30	> 0.1	> 0.1	-	-	-	Linoleic acid ethyl ester	19
% 2.25	% 0.87	% 0.83	> 0.1	> 0.1	% 1.30	> 0.1	Tetracosanoic acid	20
% 0.64	% 0.54	> 0.1	> 0.1	-	-	-	Hexacosanoic acid	21
-	% 1.20	> 0.1	> 0.1	-	-	-	9,12,15-Octadecatrien-1-ol	22
% 0.48	-	-	-	-	-	-	Heneicosanoic acid	23
% 0.65	-	-	-	> 0.1	% 0.11	> 0.1	Cyclopropaneoctanoic acid, 2-hexyl	24
% 1.26	% 0.26	> 0.1	> 0.1	> 0.1	% 0.23	> 0.1	Docosanoic acid	25
-	% 0.47	% 0.80	> 0.1	-	-	-	Pentanoic acid, 4-oxo	26



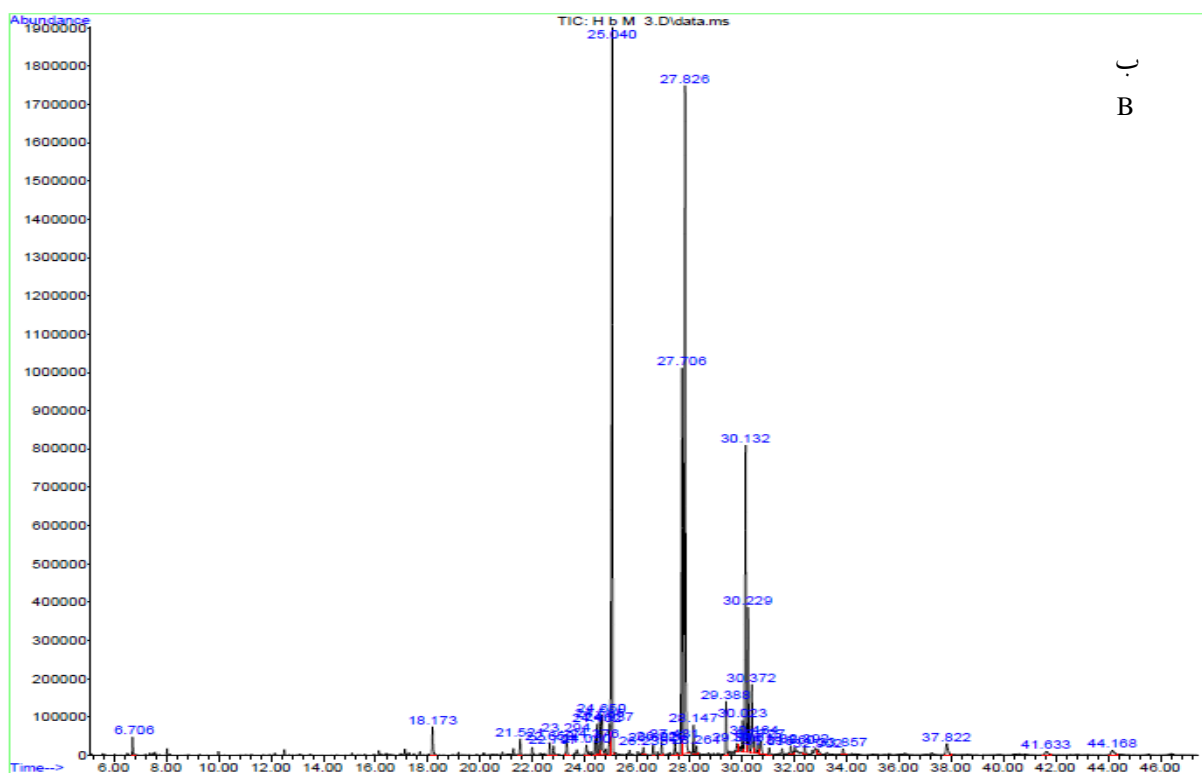
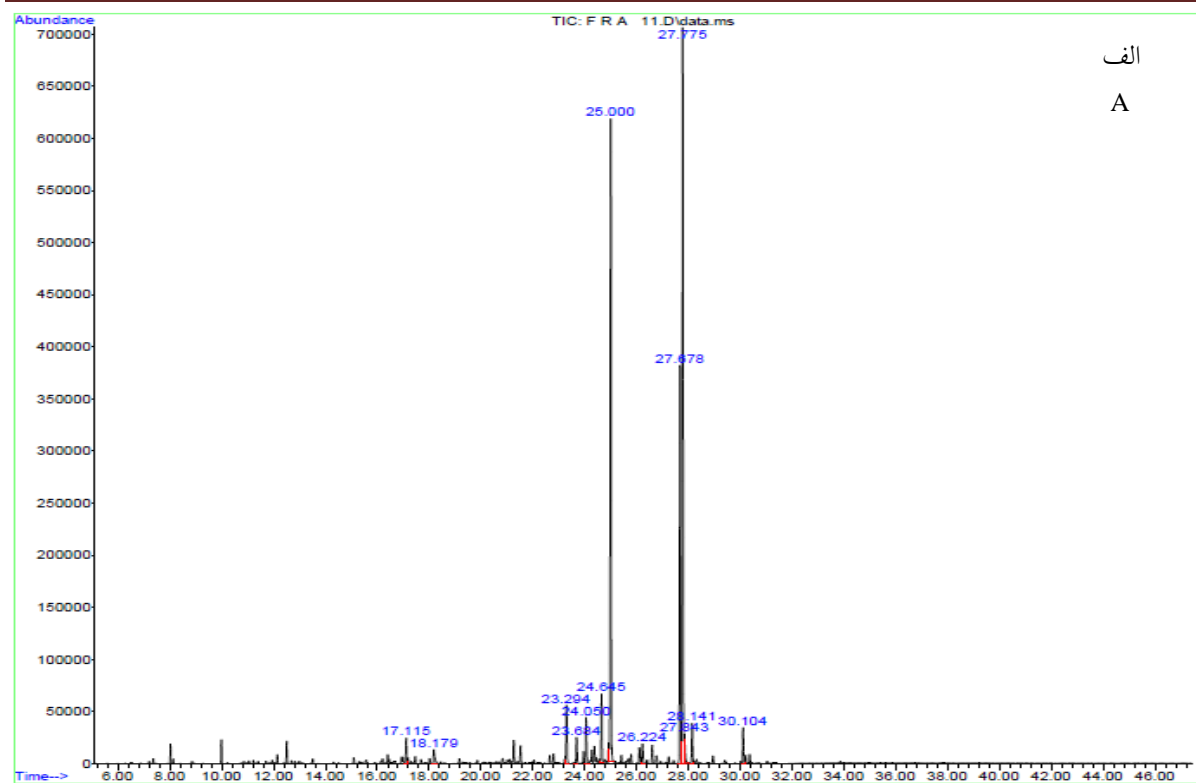
الف
A



ب
B

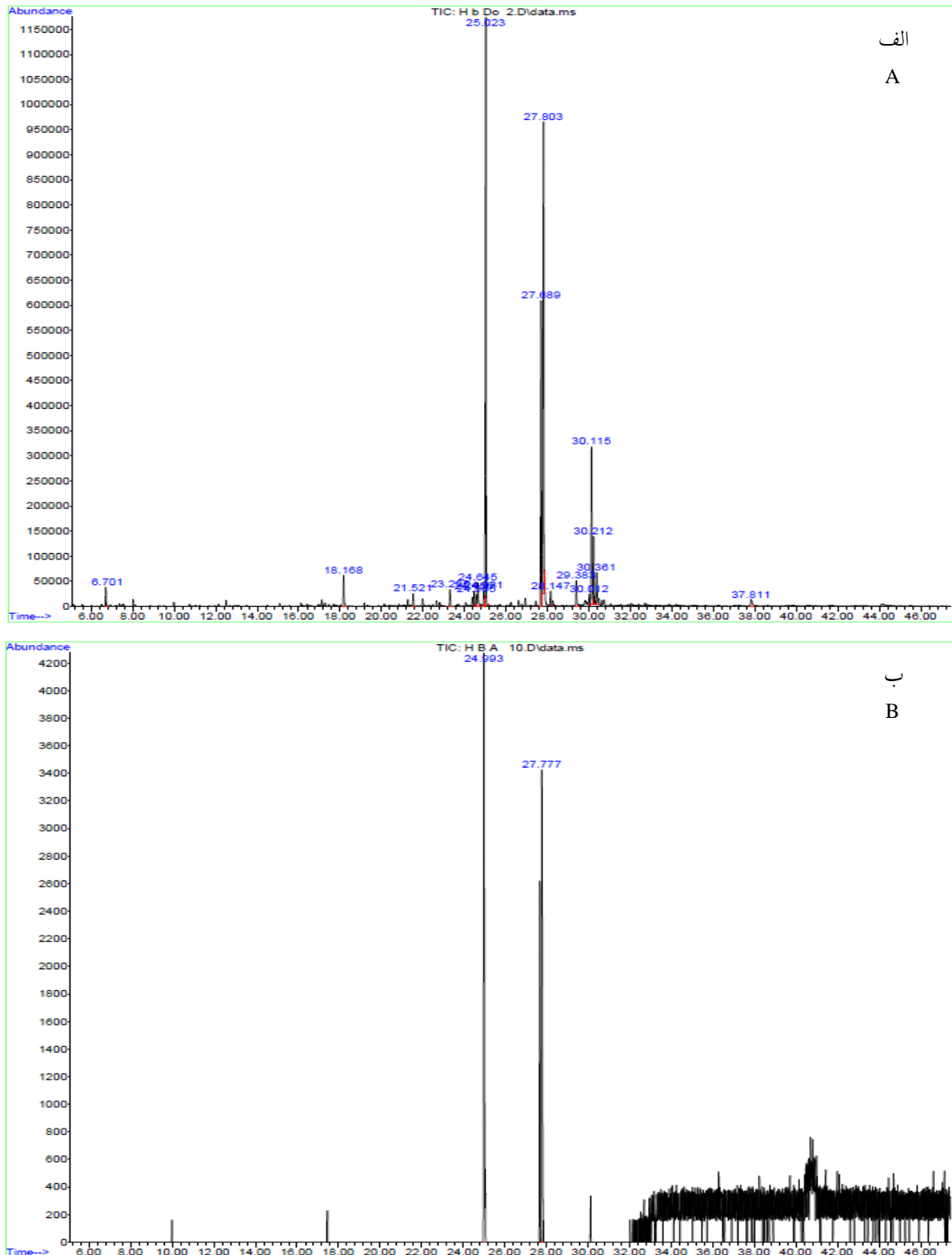
شکل ۲- کروماتوگرام به دست آمده از دستگاه GC/MS متعلق به جمعیت F. r. M (الف) و جمعیت F. r. Do (ب)

Figure 2. The chromatogram obtained from GC/MS belonging to the population F. r. M (A) and F. r. Do (B)

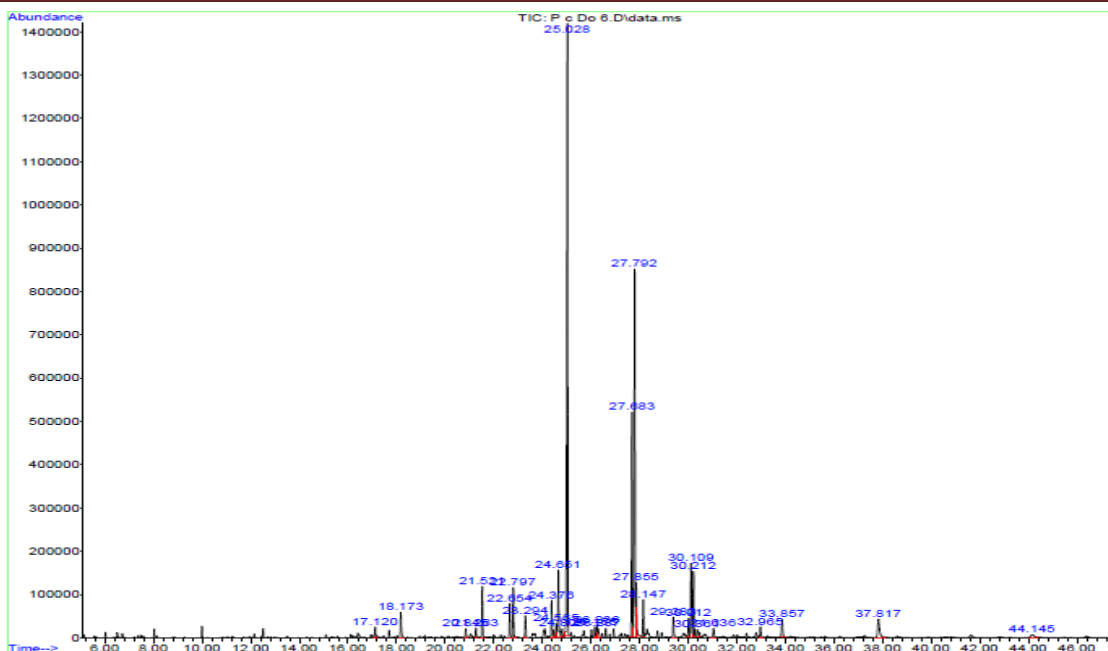


شکل ۳- کروماتوگرام به دست آمده از دستگاه GC/MS متعلق به جمعیت (الف) F. r. A و جمعیت (ب) H. b. M

Figure 3. The chromatogram obtained from GC/MS belonging to the population F. r. A (A) and H. b. M (B)



شکل ۴- کروماتوگرام به دست آمده از دستگاه GC/MS متعلق به جمعیت H. b. Do (الف) و جمعیت H. b. A (ب)
Figure 4. The chromatogram obtained from GC/MS belonging to the population H. b. Do (A) and H. b. A (B)

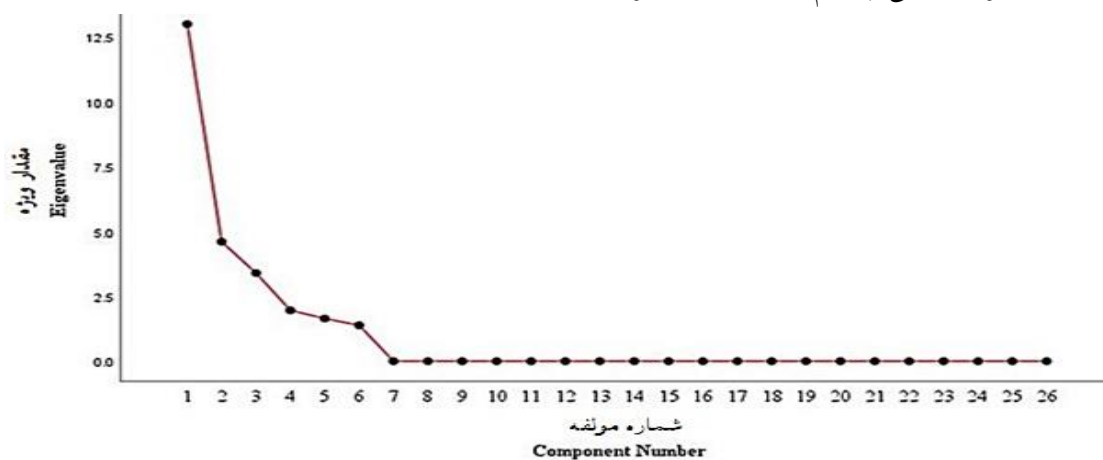


شکل ۵- کروماتوگرام به دست آمده از دستگاه GC/MS متعلق به جمعیت *P. c. Do*

Figure 5. The chromatogram obtained from GC/MS belonging to the population *P. c. Do*.

اصلی پنجم ۶/۳۲۲ درصد و مؤلفه اصلی ششم مقدار اصلی ۵/۳۲۶ درصد را به خود اختصاص داده‌اند. مؤلفه اصلی اول با ۵۰ درصد و مؤلفه اصلی دوم با ۱۷/۷۲ درصد از واریانس کل، مؤثرترین مؤلفه‌ها شناخته شدند. با توجه به این نمودار، دیگر مؤلفه‌ها در تفکیک جمعیت‌ها از هم تأثیر زیادی نداشته و در مجموع مقدار ۳۲/۲۸ درصد از واریانس کل را به خود شامل می‌شوند.

با توجه به اطلاعات نمودار اسکری پلات ترسیم شده و جدول شرح واریانس‌های صفات اسیدهای چرب در می‌یابیم که شش مؤلفه اصلی در تفکیک این هفت جمعیت مؤثر بوده‌اند. شش مؤلفه اصلی اول حدود ۱۰۰ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داده‌اند، به طوری که سهم مؤلفه اصلی اول، ۵۰ درصد، مؤلفه اصلی دوم ۱۷/۷۲ درصد، مؤلفه اصلی سوم ۱۳/۰۸ درصد، مؤلفه اصلی چهارم ۷/۵۴ درصد، مؤلفه

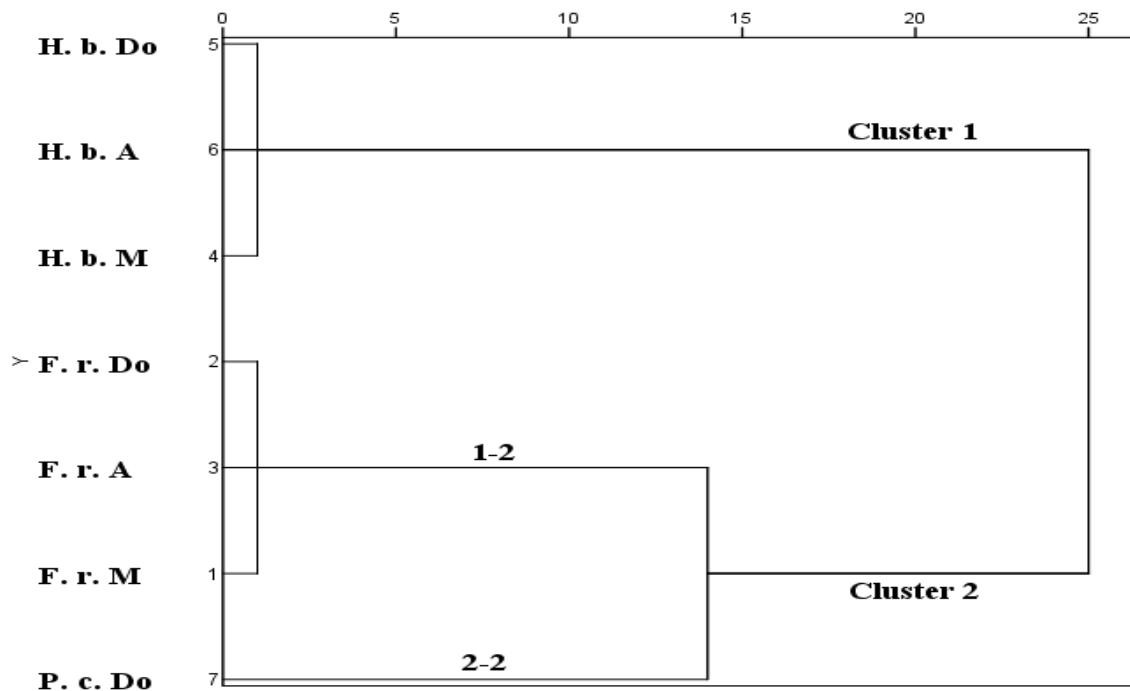


شکل ۶- نمودار اسکری پلات به دست آمده از داده‌ها اسیدهای چرب

Figure 6. Curve scree plot obtained from fatty acids data

می‌گیرد. شاخه فرعی ۱ شامل جمعیت‌های H. b. M، H. b. A و H. b. Do است. شاخه فرعی ۲ شامل دو زیرشاخه فرعی ۱-۲ و ۲-۲ است که زیرشاخه فرعی ۱-۲ شامل جمعیت‌های F. r. A و F. r. M، F. r. Do بوده و زیرشاخه فرعی ۲-۲ جمعیت P. c. Do است.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای، اسیدهای چرب هفت جمعیت مورد بررسی با استفاده از روش ward، جمعیت‌ها در دو شاخه فرعی مجزا قرار گرفتند. شاخه اصلی در سطح ۲۵ به دو شاخه فرعی ۱ و ۲ تقسیم شد که حدوداً ۷۵ درصد تشابه را در بر



شکل ۷- نمودار تجزیه خوشه‌ای WARD به‌دست‌آمده از داده‌های انواع اسیدهای چرب

Figure 7. Cluster WARD dendrogram obtained from fatty acids data

مورد بررسی، جمعیت‌ها در دو شاخه فرعی مجزا قرار گرفتند. شاخه اصلی در سطح ۲۵ به دو شاخه فرعی ۱ و ۲ تقسیم شد که حدود ۷۵ درصد تشابه صفات را در بر می‌گیرد. شاخه فرعی ۱ شامل دو زیرشاخه فرعی ۱-۱ و ۲-۱ است که زیرشاخه فرعی ۱-۱ شامل جمعیت‌های F. r. A، F. r. Do و P. c. Do و زیرشاخه فرعی ۲-۱ شامل جمعیت‌های F. r. M و H. b. M است. شاخه فرعی ۲، به دو زیرشاخه فرعی ۲-۱ و ۲-۲ تقسیم شد. زیرشاخه فرعی ۱-۲ شامل جمعیت H. b. Do بوده و زیرشاخه فرعی ۲-۲ جمعیت H. b. A شامل می‌شود.

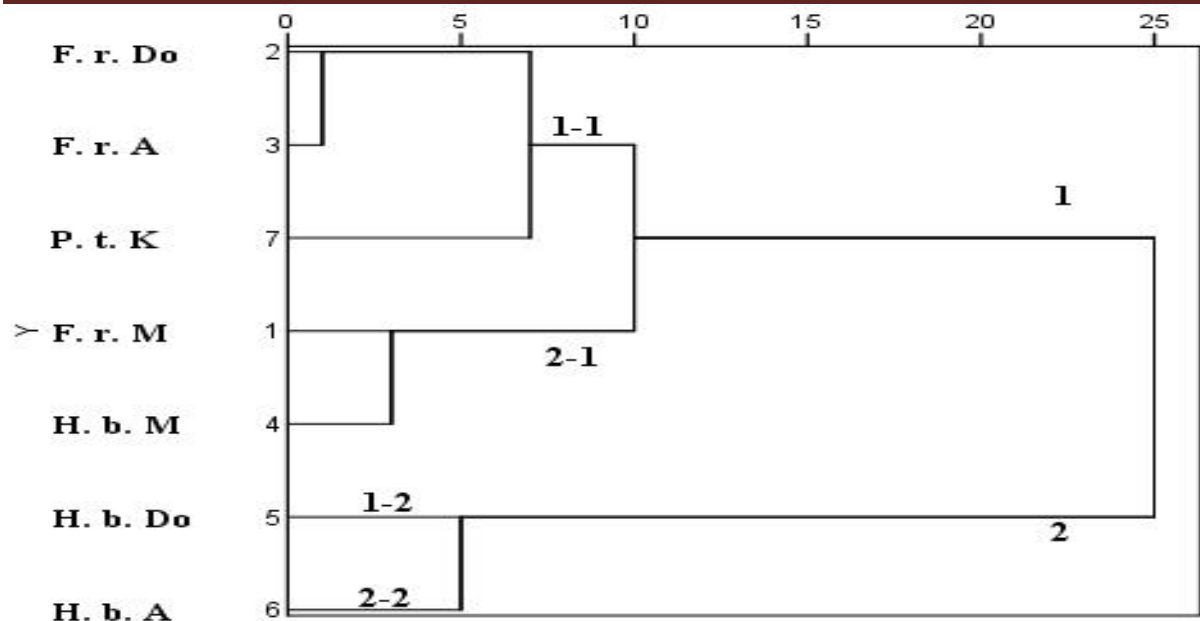
نتایج حاصل از بررسی پالینولوژی

برای دریافتن مقدار شباهت‌ها و ارتباط بین جمعیت‌های مورد بررسی از هاگ‌های هفت جمعیت، به کمک میکروسکوپ الکترونی نگاره (SEM) عکس‌برداری به عمل آمد. برای هر جمعیت، از نمای قطبی، نمای استوایی و تزئینات سطحی دیواره دانه هاگ تصاویری تهیه شد. پس از استخراج ۱۷ صفت کمی و کیفی و انجام اندازه‌گیری‌های مربوطه (جدول ۵) توسط ریز نگاره‌های الکترونی، نمودار تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش WARD ترسیم شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه خوشه‌ای صفات پالینولوژی

جدول ۵- صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده در جمعیت‌های *P. catenulata* و *H. besseri*، *F. remotifolia*

Table 5. Quantitative and qualitative measured traits in populations of *F. remotifolia*, *H. besseri* and *P. catenulata*.

P. c. Do	H. b. A	H. b. Do	H. b. M	F. r. A	F. r. Do	F. r. M		
12.636	16.275	13.997	11.710	10.840	11.661	13.15	طول محور قطبی Polar axis	صفات کمی برحسب μm Quantitative traits in μm
11.522	12.950	15.502	12.888	9.978	10.636	13.13	عرض محور استوایی Equatorial diameter	
1.09	1.2567	0.902	0.9085	1.0863	1.0963	1.0015	نسبت طول محور قطبی / محور استوایی P/E ratio	
0.846	2.192	1.404	-	-	-	-	فاصله بین شیارها Distance between culpi	
4.66	6.016	6.981	7.810	7.682	6.987	9.46	طول شیار Culpi length	
2.607	3.381	4.014	6.605	3.904	3.415	5.286	عرض شیار Culpi width	
0.339	0.517	0.583	0.545	0.347	0.373	0.371	طول شاخک Echinus length	
0.147	0.221	0.253	0.151	0.238	0.239	0.182	فاصله بین شاخک‌ها Distance between echinuses	
4	5	6	1	1	1	1	تعداد شیار Culpi number	
33.452	56.760	49.023	41.195	34.595	34.762	43.401	اندازه دانه هاگ Spore size	
موناد	موناد	موناد	موناد	موناد	موناد	موناد	واحد دانه گرده Spore unit	صفات کیفی Qualitative traits
Colpate	Colpate	Colpate	Colpate	1- Colpate	1- Colpate	1-Colpate	کلاس دانه گرده Spore class	
Prolate	Prolate	Oblate	Oblate	Spheroidal	Spheroidal	Spheroidal	شکل دانه گرده Spore shape	
دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	دارد	منفذ Apearture	
Culpi	Culpi	Culpi	Culpi	Culpi	Culpi	Culpi	نوع منفذ Apearture type	
Colpus	Colpus	Colpus	Colpus	Colpus	Colpus	Colpus	وضعیت منفذ Apearture position	
Scabrate	Gemmate	Gemmate	Gemmate	Clavate	Clavate	Clavate	تزیینات سطح اگزین Exin surface sculptures	



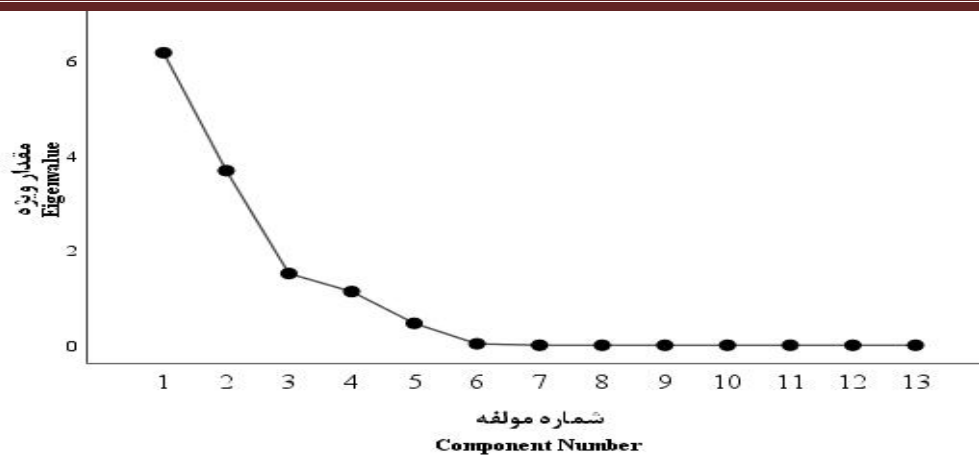
شکل ۸ - نمودار تجزیه خوشه ای WARD به دست آمده از داده های پالینولوژی

Figure 8. Cluster WARD dendrogram obtained from Palynology

محور قطبی به محور استوایی، فاصله بین شیارها، فاصله بین شاخکها، تعداد شیارها، اندازه دانه هاگ، واحد دانه هاگ، شکل دانه هاگ و وضعیت منفذ، بیشترین سهم و تأثیر را در بین واریانس ها دارا هستند. در مؤلفه اصلی دوم، صفاتی مثل عرض محور استوایی، طول شیار، عرض شیار، طول شاخک، تعداد شیار، اندازه دانه هاگ، واحد دانه هاگ و شکل دانه هاگ بیشترین نقش و تأثیر را داشته اند. در مؤلفه اصلی سوم صفات طول محور قطبی، عرض محور استوایی، نسبت محور قطبی به محور استوایی، طول شیار، عرض شیار، طول شاخک، فاصله بین شاخکها، اندازه دانه هاگ و وضعیت منفذ بیشترین تأثیر و نقش را ایفا کرده اند. در مؤلفه اصلی چهارم طول محور قطبی، نسبت محور قطبی به محور استوایی، طول شیار، عرض شیار، طول شاخک، اندازه دانه هاگ، واحد دانه هاگ و وضعیت منفذ بیشترین سهم و نقش را داشته اند.

با توجه به اطلاعات نمودار اسکری پلات ترسیم شده و جدول شرح واریانس های (جدول ۵) صفات هاگ های مورد بررسی در می یابیم که چهار مؤلفه اصلی در تفکیک این هفت جمعیت مؤثر بوده اند. چهار مؤلفه اصلی اول حدود ۹۶/۲۱ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص داده اند، به طوری که سهم مؤلفه اصلی اول، ۴۷/۵۰ درصد، مؤلفه اصلی دوم ۲۸/۳۴ درصد، مؤلفه اصلی سوم ۱۱/۶۶ درصد، مؤلفه اصلی چهارم ۸/۷۲ درصد بوده است. مؤلفه اصلی اول با مقدار ۴۷/۵۰ درصد از واریانس کل، مؤثرترین مؤلفه شناخته شد. با توجه به این نمودار مشخص شد که دیگر مؤلفه ها تأثیر چندانی در تفکیک جمعیت ها از هم نداشته و در مجموع حدود ۳/۷۹ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص می دهند.

با توجه به اطلاعات جدول ماتریکس عوامل مشخص می شود که در تشکیل مؤلفه اصلی اول صفاتی از قبیل طول محور قطبی، عرض محور استوایی، نسبت



شکل ۹- نمودار اسکری پلات به دست آمده از داده‌های پالینولوژی

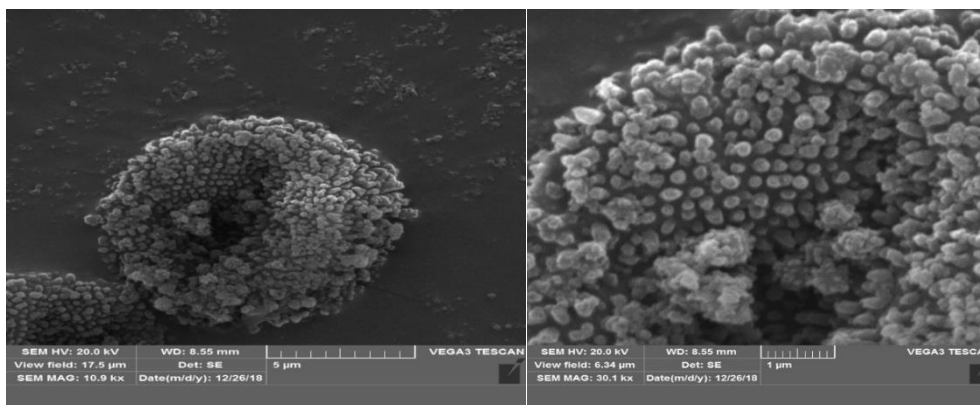
Figure 9. Curve scree plot obtained from fatty acids data

جدول ۶- توصیف واریانس‌های به دست آمده از داده‌های پالینولوژی

Table 6. Description of obtained variances from palynological data's

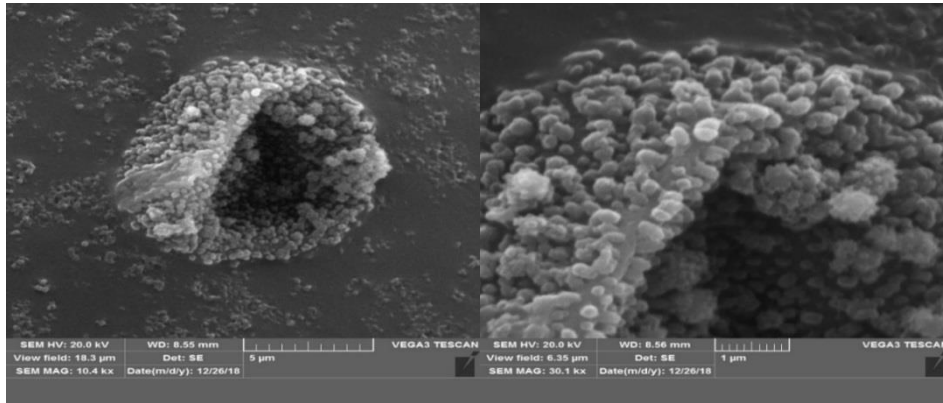
مجموع واریانس Total variance					
مؤلفه Component	مقادیر ویژه اولیه Initial eigenvalues		مقدار استخراج بارهای مربعی Extraction sums of squared loadings		
	مقدار ویژه Eigen value	درصد واریانس توجیحی Percentage of justification variance	درصد واریانس تجمعی Percentage of cumulative variance	مقدار ویژه Eigen value	درصد واریانس تجمعی Percentage of cumulative variance
1	6.175	47.500	47.500	6.175	47.500
2	3.684	28.339	75.839	3.684	75.839
3	1.515	11.655	87.494	1.515	87.494
4	1.133	8.716	96.210	1.133	96.210
5		3.559	99.769		
6		0.231	100.00		

روش استخراج: تجزیه و تحلیل مؤلفه اصلی



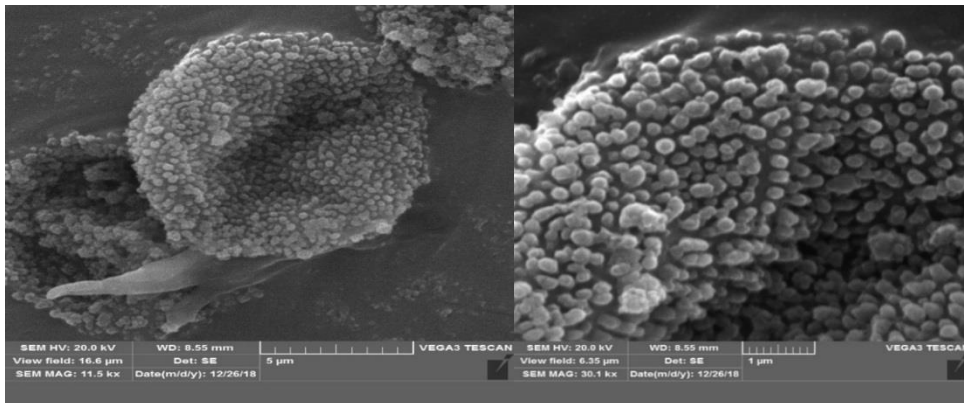
شکل ۱۰- هاگ جمعیت ماسال (گیلان) متعلق به گونه *F. remotifolia*

Figure 10. The spore of the population of Masal (Guilan) belongs to *F. remotifolia*



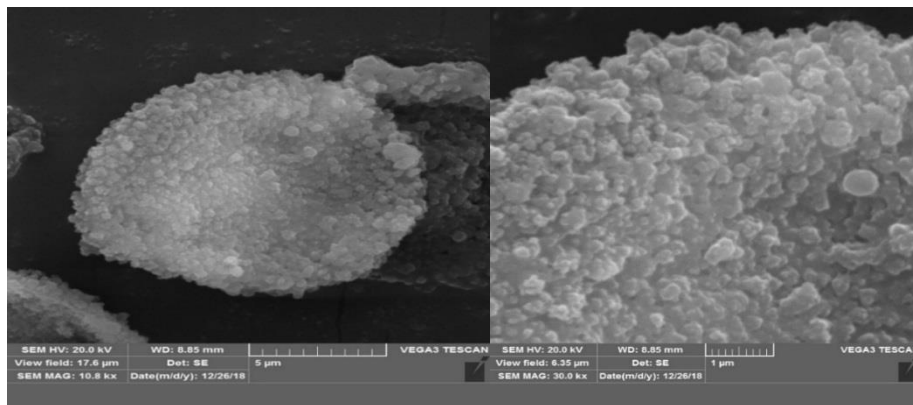
شکل ۱۱- هاگ جمعیت دودانگه (مازندران) متعلق به گونه *F. remotifolia*

Figure 11. The spore of the population of Dodangeh (Mazandaran) belongs to *F. remotifolia*



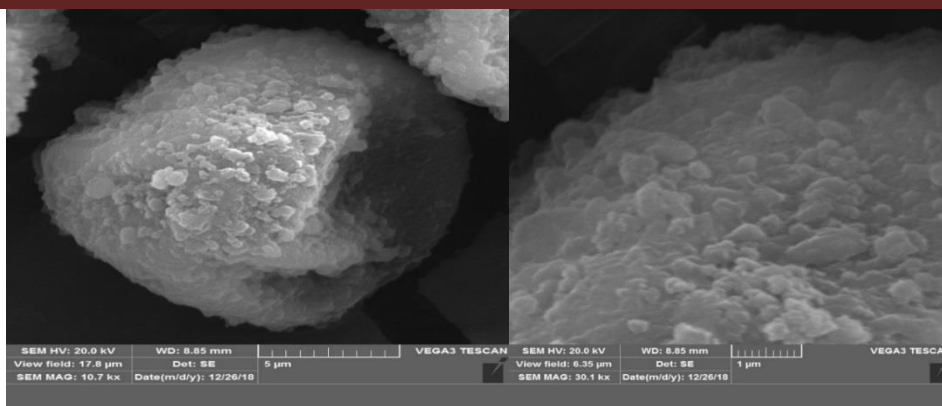
شکل ۱۲- هاگ جمعیت علی‌آباد (گلستان) متعلق به گونه *F. remotifolia*

Figure 12. The spore of the population of Aliabad (Golestan) belongs to *F. remotifolia*



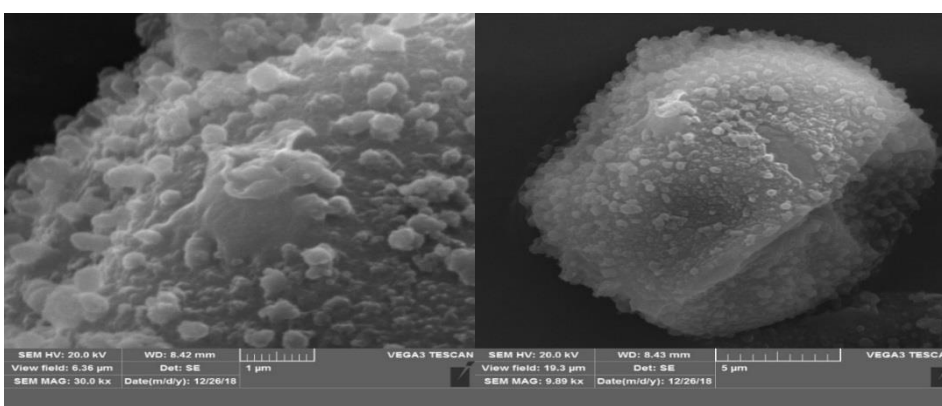
شکل ۱۳- هاگ جمعیت ماسال (گیلان) متعلق به گونه *H. besseri*

Figure 13. The spore of the population of Masal (Guilan) belongs to *H. besseri*



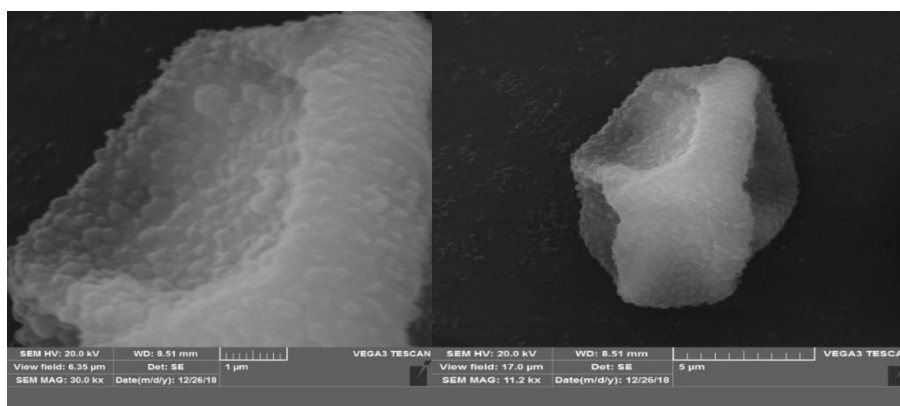
شکل ۱۴- هاگ جمعیت دودانگه (مازندران) متعلق به گونه *H. besseri*

Figure 14. The spore of the population of Dodangeh (Mazandaran) belongs to *H. besseri*



شکل ۱۵- هاگ جمعیت علی آباد (گلستان) متعلق به گونه *H. besseri*

Figure 15. The spore of the population of Aliabad (Golestan) belongs to *H. besseri*



شکل ۱۶- هاگ جمعیت دودانگه (مازندران) متعلق به گونه *P. catenulata*

Figure 16. The spore of the population of Dodangeh (Mazandaran) belongs to *P. catenulata*

مدت طولانی مورد بحث قرار گرفته است (Akiyama, 1994, Buck, 1980). جنس *Forsstroemia* در سال ۱۸۶۳ از جنس *Leptodon* جدا شد البته به جز یک گونه به نام *F. trichomitra* سپس در سال ۱۹۷۴ این جنس

بحث در رابطه با جایگاه دقیق تاکسونومی *Forsstroemia* در بین تیره های تیره *Leptodontaceae* و *Leucodontaceae*، اختلافات زیادی وجود دارد و

بهترین نتیجه را ارائه می‌دهد. تعیین اسیدهای چرب توسط کروماتوگرافی گازی جنس *Kindbergia* بیان‌کننده مفید بودن اسیدهای چرب در جداسازی گونه‌های این جنس از خزه بوده است (Pejin, 2010). از اسیدهای چربی که معمولاً در بیشتر خزه‌ها بررسی شده می‌توان به *Pentadecanoic acid*، *Hexadecanoic acid*، *Octadecanoic acid*، *Heptadecanoic acid*، *Tetradecanoic acid*، *Eicosanoic acid* و *Docosanoic acid* اشاره کرد (Mitra, 2017). در این پژوهش نیز ترکیبات فوق مشاهده شد. (Marsili et al., 1972) بیان کردند که اسید چرب *Lauric acid* معمولاً وجود نداشته یا به مقدار اندکی در خزه‌ها یافت می‌شود. نتایج این پژوهش با نتایج (Marsili et al., 1972) همسو بوده و یافته‌های آن‌ها را تأیید می‌کند. طبق دندروگرام حاصل از GC/MS تمام جمعیت‌های گونه *F. remotifolia* به گونه *P. catenulata* نزدیک‌تر از گونه *H. besseri* است که با نتایج حاصل از بررسی پالینولوژی در یک راستا قرار گرفته است. نتایج پژوهش حاضر ثابت کرد که از نظر نوع ترکیبات، هر سه گونه مورد بررسی متفاوت بوده اما در جمعیت‌های هرگونه یکنواختی و همگونی مشاهده می‌شود.

نتایج تحقیق ریخت‌شناسی هاگ روی رده *Bryidae* نشان داد که بیشتر هاگ‌ها دارای منافذی از نوع یک شکاف طولی منفرد یا یک منفذ سه شعاعی هستند (Brubaker et al., 1998). در پژوهش حاضر جمعیت‌های *H. b. A* و *H. b. Do*، *F. r. Do*، *F. r. M* دارای منافذی با یک شکاف طولی منفرد هستند و جمعیت‌های *H. b. M*، *F. r. A* و *P. c. Do* دارای یک تا چند منفذ سه شعاعی هستند. الگوی تزئینات هاگ‌ها از اهمیت تاکسونومیکی برخوردار است (Luizi- (Ponzo and Barth, 1998 and 1999). همان‌طور که از

در تیره *Leucodontaceae* قرار گرفت و در نهایت در سال ۱۹۸۰ به *Leptodontaceae* منتقل شد و این جایگاه در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۴ تأیید شد (Buck, 1980، Stark, Manuel, 1974، Lindberg, 1863، Ireland (1987). در گذشته، Ireland (1974) شباهت‌های ریخت‌شناختی را در بین جنس‌های *Forsstroemia* و *Neckera* بیان کرد و پس از آن (Buck et al., 2000) با تجزیه و تحلیل‌های مولکولی، رابطه نزدیک *Leptodontaceae* و *Neckeraceae* را نشان داد (Buck Olson et al., 2009). Ireland, 1974، et al., 2000 رابطه نزدیکی بین جنس‌های *Forsstroemia* و *Leptodon* یافتند و همچنین نشان دادند که تیره *Leptodontaceae* حقیقی نیست و همه گونه‌های آن متعلق به تیره *Neckeraceae* است (Olsson et al., 2009). همچنین جایگاه دقیق تاکسونومی *F. remotifolia* به‌عنوان *Leskea catenulata* subsp. *remotifolia* یا *Pseudoleskeella laxiramea* (1908) مدت‌هاست که مورد بحث قرار گرفته است. Townsend and Schiffner (1966 and Schiffner, 1908) و *P. catenulata* Kindb. شباهت ریخت‌شناختی بسیار زیادی دارند (Townsend, 1966). بر اساس داده‌های ریخت‌شناختی مشخص شد که *Pseudoleskeella laxiramea* با دیگر گونه‌های *Pseudoleskeella* متفاوت بوده و بیشتر به جنس *Forsstroemia* شبیه است، بنابراین *Pseudoleskeella laxiramea* به *F. remotifolia* تغییر نام یافت (Hedenas and Zare, 2010)؛ اما تجزیه خوشه‌ای داده‌های اسید چرب در این پژوهش نشان داد که گونه *F. remotifolia* در شاخه نزدیک‌تری به گونه *P. catenulata* قرار گرفته است.

در میان تمام روش‌های کروماتوگرافی، تعیین و تشخیص اسیدهای چرب توسط کروماتوگرافی گازی

توزیع انواع تزیینات مختلف هاگ در بین گونه‌های مورد بررسی کاملاً مشخص و مشهود بود. تزیینات سطحی اگزین در جمعیت‌های گونه *F. remotifolia* به فرم Clavate، در جمعیت‌های *H. besseri* تزیینات سطحی به فرم Gemmate و در جمعیت‌های *P. catenulata* به فرم Scabrate است که نشان‌دهنده تفاوت کامل در ۳ گونه مورد بررسی است؛ بنابراین، نتایج این پژوهش یافته‌های Luiz-Ponzo and Barth (1998, 1999) را تأیید می‌کند. بر اساس تحقیق‌های هاگ‌شناسی اندازه هاگ‌ها در محدوده ۲۵-۰ میکرومتر به اندازه کوچک، ۵۰-۲۵ میکرومتر متوسط و بیشتر از ۵۰ میکرومتر بزرگ محسوب می‌شود (Potoglu and Savaroglu, 2007). در پژوهش حاضر جمعیت‌های ماسال، دودانگه و علی‌آباد در گونه *F. remotifolia* به ترتیب در اندازه‌های ۴۳/۴۰۱، ۳۴/۷۶۲ و ۳۴/۵۹۵ میکرومتر، در جمعیت‌های ماسال، دودانگه و علی‌آباد گونه *H. besseri*، به ترتیب در اندازه‌های ۴۱/۱۹۵، ۴۹/۰۲۳ و ۵۶/۷۶۰ میکرومتر و نیز در جمعیت دودانگه متعلق به گونه *P. catenulata*، ۳۳/۴۵۲ میکرومتر است. نتایج حاصل از بررسی پالینولوژی در هفت جمعیت از سه گونه *F. remotifolia*، *H. besseri* و *P. catenulata* بیانگر این موضوع است که اندازه هاگ در تمام جمعیت‌های این سه گونه به جز جمعیت *H. b. A*، متوسط بوده و اندازه هاگ در جمعیت *H. b. A* متعلق به گونه *H. besseri* بزرگ است. طبق تحقیق‌های Alfayate, C.; Ron, E.; Estébanez, B.; Pérez-Batista, M. Á., Mature spores of four pleurocarpous mosses in the Canary Islands: ultrastructure and early germination stages. *The Bryologist* **2013**, 116 (2), 97-112. Asakawa, Y., Chemical constituents of the bryophytes. In *Progress in the chemistry of organic natural products*, Springer: 1995; pp 1-562. Boissier, E.; Buhse, F. A., *Aufzaehlung der auf einer Reise durch Transkaukasien und Persien gesammelten Pflanzen in*

Alfayate et al. (2013)، اندازه هاگ در گونه *Homalia trichomanoides* کوچک گزارش شده است، اما نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اندازه هاگ در گونه *H. besseri*، متوسط و بزرگ است. مشخص شد که اندازه بزرگ هاگ می‌تواند به دلیل سازگاری با استراتژی پراکندگی از طریق حشرات باشد (Clarke, 1973; Proctor and Yeo, 1979). نتایج بررسی ریخت‌شناسی هاگ روی جنس *Forsstroemia* نشان داد که شکل هاگ‌ها در گونه‌های *F. cryphaeoides*، *F. stricta*، *F. japonica* و *F. trichomitra* کروی است (Ignatov and Cherdantseva, 1995). در پژوهش حاضر، نسبت طول محور قطبی به محور استوایی در جمعیت‌های ماسال، دودانگه و علی‌آباد متعلق به گونه *F. remotifolia* (به ترتیب ۱/۰۰۱، ۱/۰۹۶ و ۱/۰۸۶)، نشان‌دهنده کروی (spheroidal) بودن هاگ این گونه است که نتایج (Ignatov and Cherdantseva, 1995) را تأیید نمی‌کند. علاوه بر این، نسبت طول محور قطبی به محور استوایی نشان‌دهنده شکل oblate در هاگ جمعیت‌های ماسال و دودانگه متعلق به گونه *H. besseri* (به ترتیب ۰/۹۰۸ و ۰/۹۰۲) است، ولی نسبت طول محور قطبی به محور استوایی نشان‌دهنده شکل prolate در هاگ جمعیت علی‌آباد متعلق به گونه *H. besseri* (۱/۲۵۶) بوده و همچنین در هاگ جمعیت دودانگه متعلق به گونه *P. catenulata* (۱/۰۹) گزارش شد.

References

- Akhani, H.; Kürschner, H., An annotated and updated checklist of the Iranian bryoflora. *Cryptogamie, Bryologie* **2004**, 25 (4), 315-347.
- Akiyama, H., Suggestions for the delimitation of the Leucodontaceae and the infrageneric classification of the genus Leucodon. *The Journal of the Hattori Botanical Laboratory* **1994**, 76, 1-12.

- Gemeinschaft*. Impr. W. Gautier: 1860; Vol. 18.
- Brubaker, L.; Anderson, P.; Murray, B.; Koon, D., A palynological investigation of true-moss (Bryidae) spores: Morphology and occurrence in modern and late Quaternary lake sediments of Alaska. *Canadian Journal of Botany* **1998**, 76 (12), 2145-2157.
- Buchanan, B. B.; Gruissem, W.; Jones, R. L., *Biochemistry and molecular biology of plants*. John Wiley & sons: 2015.
- Buck, W. R., Animadversions on Pterigynandrum with special commentary on Forstroemia and Leptopterigynandrum. *Bryologist* **1980**, 451-465.
- Buck, W. R.; Akiyama, H.; Arikawa, T.; Tsubota, H.; GonzÁlez, D.; Newton, A. E.; Shaw, A. J., Ordinal phylogeny within the hypnobryalean pleurocarpous mosses inferred from cladistic analyses of three chloroplast DNA sequence data sets: trnL-F, rps4, and rbcL. *The Bryologist* **2000**, 103 (2), 242-256.
- Clarke, G., *Spore morphology and bryophyte systematics*. Academic Press London/New York: 1979; Vol. 14.
- Croisier, E.; Rempt, M.; Pohnert, G., Survey of volatile oxylipins and their biosynthetic precursors in bryophytes. *Phytochemistry* **2010**, 71 (5-6), 574-580.
- Edw, W., Mosses from the Caspian and Black Sea regions. *The Bryologist* **1920**, 90-91.
- Frey, W., The bryological literature of southwest Asia. **1981**.
- Frey, W.; Kürschner, H.; Kürschner, H., Die epiphytische Moosvegetation im hyrkanischen Waldgebiet (Nordiran): Beihefte zum Tübinger Atlas des Vorderen Orients: Reihe A, Naturwissenschaften. **1979**.
- Frey, W.; Kürschner, H., Contributions towards a bryophyte flora of Iran, new records from Iran. *Iranian Journal of botany* **1983**, 2 (1), 13-19.
- Frey, W.; Kürschner, H., New and noteworthy records to the bryophyte flora of Iran. *Nova Hedwigia* **2010**, 503-512.
- Frey, W.; Kürschner, H., Studies on the bryophyte flora and vegetation of the Golestan National Park. *Iranian Journal of botany* **1977**, 1 (2), 137-153.
- Ghahreman, A.; Faridi, M.; Shirzadian, S.; Attar, F., New and interesting moss records for Iran. *Turkish Journal of Botany* **2007**, 31 (1), 41-48.
- Goffinet, B., Systematics of the Bryophyta (mosses): from molecules to a revised classification. *Molecular systematics of bryophytes. Monographs in Systematic Botany* **2004**, 98, 205-239.
- Hedenas, L.; Zare, H., The Euxinian-Hyrcanian endemic species Forstroemia remotifolia (Lindb. ex Broth) Hedenas & Zare, comb nov (Neckeraceae, Bryophyta). *Nova Hedwigia* **2010**, 61-67.
- Ignatov, M.; Cherdantseva, V. Y., The families Cryphaeaceae, Leucodontaceae and Leptodontaceae (Musci) in Russia. *Arctoa* **1995**, 4, 65-104.
- Ireland, R. R., Neomacounia, a new genus in the Neckeraceae (Musci) from Canada. *Bryologist* **1974**, 453-459.
- Juratzka, J.; Milde, J., Beitrag zur Moosflora des Orientes. *Verhandlungen der zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien* **1870**, 20, 589-602.
- Kenrick, P.; Crane, P. R., The origin and early evolution of plants on land. *Nature* **1997**, 389 (6646), 33-39.
- Khoshravesh, R.; Osaloo, S. K., Spore morphology of certain mosses of northern Tehran-Iran: taxonomical and ecological implications. *The Iranian Journal of Botany* **2007**, 13 (2), 150-159.
- Kohn, G.; Demmerle, S.; Vandekerkhove, O.; Hartmann, E.; Beutelmann, P., Distribution and chemotaxonomic significance of acetylenic fatty acids in mosses of the Dicranales. *Phytochemistry* **1987**, 26 (8), 2271-2275.
- Koskimies, K.; Simola, L. K., The fatty acid composition of some Sphagnum species. *Canadian Journal of Botany* **1980**, 58 (2), 259-263.
- Kürschner, H., Towards a bryophyte flora of the Near and Middle East.--New records from Iran, Jordan, Kuwait, Lebanon, Oman, Saudi Arabia, Syria, and Turkey. *Nova Hedwigia* **1996**, 63 (1), 261-272.
- Kürschner, H.; Kirmacı, M.; Erdağ, A.; Batsatsashvili, K.; Parolly, G., Ecology and life strategies of epiphytic bryophyte communities from the Arcto-Tertiary relict forests of the Black and Caspian Sea areas. *Nova Hedwigia* **2012**, 94 (1), 31-65.
- Kürschner, H.; Frey, W., Liverworts, mosses and hornworts of southwest Asia (Marchantiophyta, Bryophyta, Anthocerotophyta). **2011**.

- Kürschner, H.; Papp, B., Akhiani, H., New records to the bryophyte flora of Iran. Studies on the flora and vegetation of the Golestan National Park, NE Iran IV, *Nova Hedwigia* **2000**, *71* (3-4), 509-518.
- Lindberg, S., Om ett nytt slagte, Epipterygium, *Oefversigt Svensk Vetenskapsakademiens Forhandlingar* **1863**, *19*, 599-609.
- Luizi-Ponzo, A. P.; Barth, O. M., Spore morphology of some Bruchiaceae species (Bryophyta) from Brazil. *Grana* **1998**, *37* (4), 222-227.
- Luizi-Ponzo, A. P.; Barth, O. M., Spore morphology of some Dicranaceae species (Bryophyta) from Brazil. *Grana* **1999**, *38* (1), 42-49.
- Manuel, M. G., A revised classification of the Leucodontaceae and a revision of the subfamily Alasioideae. *Bryologist* **1974**, 531-550.
- Marsili, A.; Morelli, I.; Bernardini, C.; Pacchiani, M., Constituents of some mosses. *Phytochemistry* **1972**, *11* (6), 2003-2005.
- Mitra, S., High content of Dicranin in *Anisothecium spirale* (Mitt.) Broth., a moss from Eastern Himalayas and its chemotaxonomic significance. *Lipids* **2017**, *52* (2), 173-178.
- Mongrand, S.; Badoc, A.; Patouille, B.; Lacomblez, C.; Chavent, M.; Bessoule, J.-J., Chemotaxonomy of the Rubiaceae family based on leaf fatty acid composition. *Phytochemistry* **2005**, *66* (5), 549-559.
- Naqinezhad, A.; Saeidi Mehrvarz, S.; Noroozi, M.; Faridi, M., Contribution to the vascular and bryophyte flora as well as habitat diversity of the Boujagh National Park, N. Iran. *Rostaniha* **2007**, *7* (2), 125-126.
- Nyholm, E., Illustrated moss flora of Fennoscandia. II. Musci. second edition. Swedish Natural Science Research Council. Swedish. 1975.
- Olsson, S.; Buchbender, V.; Enroth, J.; Huttunen, S.; Hedenäs, L.; Quandt, D., Evolution of the Neckeraceae (Bryophyta): resolving the backbone phylogeny. *Systematics and Biodiversity* **2009**, *7* (4), 419-432.
- Pejin, B.; Vujisić, L. V.; Sabovljevic, M.; Sabovljevic, A.; Tešević, V.; Vajs, V., Preliminary analysis of fatty acid chemistry of *Kindbergia praelonga* and *Kindbergia stokesii* (Brachytheciaceae). *Journal of the Serbian Chemical Society* **2010**, *75* (12), 1637-1640.
- Potoglu Erkara, I.; Savaroglu, F., Spore morphology of some *Brachytheciaceae Schimp.* species (Bryophyta) from Turkey. *Nordic Journal of Botany* **2007**, *25* (3-4), 194-198.
- Proctor, M.; Yeo, P., The pollination of flowers. British Ecological Society, Wiley, London. 1973; 418 p.
- Rütten, D.; Santarius, K. A., Age-related differences in frost sensitivity of the photosynthetic apparatus of two *Plagiomnium* species. *Planta* **1992**, *187* (2), 224-229.
- Rütten, D.; Santarius, K. A., Seasonal variation in frost tolerance and sugar content of two *Plagiomnium* species. *Bryologist* **1993**, 564-568.
- Safaiipour, Zh.; Nazem Bokaei, Z., Comparative study of capsule structure in five species of mosses in Northern Iran. *Journal of Research and construction* **2005**, *17* (4), 78-86. (In Persian)
- Saritas, Y.; Sonwa, M. M.; Iznaguen, H.; König, W. A.; Muhle, H.; Mues, R., Volatile constituents in mosses (Musci). *Phytochemistry* **2001**, *57* (3), 443-457.
- Schiffner, V., Beiträge zur Kenntnis der Bryophyten von Persien und Lydien. *Österreichische Botanische Zeitschrift* **1908**, *58* (6), 225-231.
- Schiffner, V., Bryologische Fragmente. *Österreichische Botanische Zeitschrift* **1910**, *60* (11), 431-436.
- Schiffner, V., Einige Materialien zur Moosflora des Orients. *Österreichische botanische Zeitschrift* **1901**, *51* (5), 156-161.
- Schiffner, V., Musci Bornmülleriani. Ein Beitrag zur Cryptogamenflora des Orients. *Österreichische Botanische Zeitschrift* **1897**, *47* (4), 125-132.
- Sharifnia, F.; Cheraghi Nav, S., Salimpour, F., Akhondi Darzikolayi S., Report two new records of the Hylocomiaceae family for the Iranian bryoflora. *Plant Enviromental Physiology* **2011**, *6* (24), 46-52. (In Persian)
- Shaw, A. J.; Goffinet, B., *Bryophyte biology*. Cambridge University Press: 2000.
- Shirzadian, S., Five new records of mosses to the bryophyte flora of Iran. *Phytomorphology* **2011**, *61* (3-4), 68-71.
- Stark, L. R., A taxonomic monograph of *Forsstroemia* Lindb. (Bryopsida: Leptodontaceae). *Journal of the Hattori Botanical Laboratory* **1987**, *63*, 133-218.

- Townsend, C., Mosses from Iran and Afghanistan. *Transactions of the British Bryological Society* **1966**, 5 (1), 131-135.
- Wyatt, R.; Lane, D. M.; Stoneburner, A., Chemosystematics of the Mniaceae. II. Flavonoids of Plagiomnium Section Rosulata. *Bryologist* **1991**, 443-448.
- Wyatt, R.; Lane, D. M.; Stoneburner, A., Chemosystematics of the Mniaceae. III. Sources of intraspecific variation in flavonoids. *Bryologist* **1991**, 452-456.
- Xie, C.-F.; Lou, H.-X., Secondary metabolites in bryophytes: an ecological aspect. *Chemistry & biodiversity* **2009**, 6 (3), 303-312.
- Zare, H.; Akbarinia, M.; Hedenäs, L.; Maassumi, A. A., Eighteen mosses from the Hyrcanian forest region new to Iran. *Journal of Bryology* **2011**, 33 (1), 62-65.
- Zare, H.; Hedenäs, L., Akbarinia, M., Amini, T., The Importance of Moss Biodiversity Conservation in Iran, *Nature* **2017**, 4 (2), 56-59. (In Persian)
- Zare, M.; Akbarinia, M.; Zare, H., Identification of corticolous moss in Caucasian walnut (*Pterocarya fraxinifolia* (Poir.) Spach) and relation of species diversity of the Moss with some bark physic-chemical characterizations. *Journal of Forest Research and Development* **2015**, 1 (1), 43-53.

Phytochemical and Palynological Study of *Forsstroemia remotifolia*, *Homalia besseri* and *Pseudoleskeella catenulata* in North of Iran

S. S. Seyed Mousavi¹, A. Mahmoudi Otaghvari^{*2}, H. Zare³, T. A. Aghajanzadeh⁴

1- M.Sc. Student of Systematic and Ecology, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, I. R. Iran. (Sepid.sm17@gmail.com)

2- Associate Professor, Department of Botany, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, I. R. Iran. (Botany1347@gmail.com)

3- Assistant Professor, Nowshahr Botanical Garden, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (hh.zare@gmail.com)

4- Associate Professor, Department of Botany, Faculty of Basic Sciences, University of Mazandaran, Babolsar, I. R. Iran. (t.aghajanzadeh@umz.ac.ir)

Received: 19.07.2020 Accepted: 10.10.2020

Abstract

Mosses are small, non-vascular and non-flowering plants. *Forsstroemia remotifolia* was previously belonging to Leskeaceae family and its old name is *Pseudoleskeella laxiramea* (Schiffn.) Broth. According to recent morphological researches, changed from Leskeaceae family to the Neckeraceae family. Therefore, in present study, to eliminate the ambiguities in classification of this species, phytochemical and palynological investigation in *F. remotifolia*, *Homalia besseri*, and *P. catenulata* seems necessary. The results of gas chromatography (GC/MS) are showed that, *F. remotifolia* has 21 different types of fatty acids, *H. besseri* contains 23 types and *P. catenulata* possesses 18 types. Analysis of fatty acids has been shown 61.53% similarity in fatty acid compounds between *F. remotifolia*, and *P. catenulata*. Results of palynology showed that spore shape in populations of *F. remotifolia* is spheroidal and spore shape in populations of *H. besseri* is oblate, but the spore shape in population of H. b. A belonging to *H. besseri* is prolate and also the spore shape in population of P. c. Do. belonging to *P. catenulata* is spheroidal. Overall results of chemotaxonomy and palynology indicate close relationship between *F. remotifolia*, and *P. catenulata*.

Keywords: Biosystematics, Diversity of Fatty acids, Moss, Spore, Hyrcanian.

* Corresponding author

Tel: +989112332172

بررسی بهینه‌سازی توزیع و حمل‌ونقل چوب خام با رویکردی بر حمل‌ونقل ریلی

صبا پیرو*^۱، مجید لطفعلیان^۲، کامران عادل^۳، تیبور پنتک^۴

۱- دانش‌آموخته دکتری مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران (peyrovsaba@gmail.com)

۲- استاد، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. (mlotfalian@sanru.ac.ir)

۳- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (kamranadeli@yahoo.com)

۴- استاد، دانشکده جنگلداری، دانشگاه زاگرب، زاگرب، کرواسی. (tpentek@sumfak.hr)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۰۳

چکیده

هدف اصلی این پژوهش یافتن یک سیستم بهینه توزیع و حمل‌ونقل چوب در کشور ایران با تأکید بر شبکه ریلی است. بدین منظور یک مدل توزیع و حمل‌ونقل سیمپلکس برای هفت گروه چوب خام در نرم‌افزار GAMS 24.1.3 ایجاد شد. الگوی مورد استفاده در این بهینه‌سازی از نوع حمل‌ونقل ساده است، افق برنامه‌ریزی یک‌ساله و روش حمل‌ونقل نیز به دو صورت جاده‌ای و جاده‌ای-ریلی است. نتایج نشان داد که بعد از بهینه‌سازی، در روش جاده‌ای-ریلی، ۶/۸۶ درصد معادل ۱۹۴۳۵۴ تن از کل چوب توسط شبکه ریلی و ۹۳/۱۴ درصد معادل ۲۶۳۷۰۹۳ تن توسط شبکه جاده‌ای جابجا می‌شود که هزینه کل حمل‌ونقل را به مقدار ۲۴/۰۲ درصد نسبت به شرایط موجود کاهش می‌دهد. در روش حمل‌ونقل جاده‌ای نیز هزینه کل ۲۲/۳۱ درصد نسبت به شرایط موجود کاهش می‌یابد. این کاهش هزینه در هر دو روش مربوط به توزیع بهینه چوب از مبادی توزیع به مبادی دریافت‌کننده و انتخاب مناسب ناوگان باری بر اساس وزن بار به تن و شعاع ارسال است. به‌صورتی که در شرایط بهینه مسافت حمل‌ونقل در روش جاده‌ای-ریلی ۴۵/۳۶ درصد و در روش جاده‌ای ۴۳/۴۲ درصد و تعداد بار نیز به ترتیب ۳۴/۷۷ و ۲۹/۰۴ درصد نسبت به شرایط قبل از بهینه‌سازی کاهش خواهد یافت. با توجه به مقدار بالای مصرف چوب در کشور و نیز اهمیت بهبود شاخص‌های بهره‌وری در زمینه هزینه جابه‌جایی بار به‌عنوان یکی از اهداف استراتژیک بخش حمل‌ونقل در سال‌های پیش‌رو، نیاز به شناخت و ایجاد زنجیره توزیع و حمل‌ونقل بهینه چوب امری قابل توجه است.

واژه‌های کلیدی: الگوریتم سیمپلکس، ناوگان باری، وزن بار، هزینه حمل‌ونقل.

مقدمه

این امر مستثنا نیست (Anonymous, 2017). شایان ذکر است که در کشور ایران هزینه سوخت در گذشته با پرداخت یارانه‌های سنگین، پایین نگه داشته می‌شد، موضوع حمل و نقل سهم کمتری از هزینه‌های تولید را در بر می‌گرفت، ولی با اجرای قانون هدفمندسازی یارانه‌ها، همچون کشورهای توسعه‌یافته، این موضوع اهمیت زیادی یافته است و افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها، محور اصلی برنامه‌ریزی در این بخش خواهد بود، از طرفی پراکنش نامناسب کارخانه‌های صنایع چوب، همچنین فاصله زیاد آن‌ها از مراکز توزیع سبب افزایش هزینه‌های حمل و نقل آن به مراکز مصرف می‌شود (Etehad Abari et al., 2014). با وجود منافع اجتماعی و اقتصادی حمل و نقل ریلی مانند ایمنی بالا، آلاینده‌های کم و صرفه‌جویی در زمان و هزینه، تقریباً تمامی چوب خام در ایران به صورت جاده‌ای حمل می‌شود (Elyasi, 2019). در حالی که دیگر کالاها تا ۱۲ درصد از طریق شبکه ریلی جابه‌جا می‌شوند (Anonymous, 2017). در نهایت اینکه سالانه حدود چهار میلیون تن چوب خام در شبکه حمل و نقل جاده‌ای بین‌شهری جابه‌جا می‌شود (Anonymous, 2020). در نتیجه بحث حمل و نقل چوب در کشور حائز اهمیت است و برای توجیه اقتصادی شبکه حمل و نقل آن نیاز به برنامه‌ریزی و بهینه‌سازی اقتصادی احساس می‌شود. با توجه به اینکه که عامل اصلی هزینه عرضه چوب، حمل و نقل آن است و از طرفی افزایش بیشتر سهم حمل ریلی بار، یکی از استراتژی‌های منتخب بخش حمل و نقل در نظام برنامه‌ریزی کشور است. چالش اینجا است که با برنامه‌ریزی حمل و نقل، تخصیص به‌گونه‌ای انجام شود که جابجایی کلی چوب به حداقل برسد و همگام با آن از حمل و نقل ریلی نیز بیشتر استفاده شود (Moad et al., 2016). این بهینه‌سازی باید با تمام نیاز مقاصد مطابقت کند و مبادی نیز با تمام ظرفیت خود به کار

چوب و فرآورده‌های آن از دیرباز اهمیت اقتصادی زیادی در کشورهای جهان مانند ایران داشته و در دو دهه اخیر نیز با توجه به سیاست‌های توسعه صنعتی کشور، صنایع چوبی و سلولزی، رشد و توسعه قابل توجهی داشته است (Anonymous, 2020). با افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش ساخت و ساز، مقدار واردات چوب و مشتقات چوبی نیز افزایش یافته و از طرفی تقاضا برای چوب هم در ایران و هم در کشورهای دیگر به طور مستقیم به تقاضا برای مسکن وابسته است (Saeidian et al., 2015). افزون بر افزایش تقاضای مسکن در دو دهه‌ی اخیر، تغییر سبک زندگی و تمایل بیشتر به زندگی مدرن منجر به افزایش تقاضا برای چوب شده و این کالا به عنوان یکی از مواد خام اساسی در رونق صنایع کشور ایفای نقش می‌کند (Khorami Moghadam and Bakhshoodeh, 2007)؛ اما در این میان مسئله حیاتی در به صرفه بودن تجارت و کنترل قیمت چوب، شرایط اقتصادی بازار رسانی چوب و محصولات فرآوری شده از آن است (Rezaei et al., 2015). با توجه به ماهیت محصولات چوبی و حجیم بودن آن‌ها، قطعاً هزینه حمل و نقل بخش مهمی از قیمت فروش را در بازارهای هدف تعیین خواهد کرد؛ پس هر بخش از صنایع وابسته به چوب که از هزینه انرژی و حمل و نقل کمتری برخوردار باشد از امتیاز ویژه‌ای نسبت به رقبای برخوردار خواهد بود (Ghasemi Eghbash et al., 2018). در شرایط فعلی در ایران سهم هزینه‌های حمل و نقل از قیمت تمام شده کالا در حدود دو برابر میانگین جهانی است (جهان ۶ و ایران ۱۲ درصد). در این زمینه به دلیل سهم بالای حمل و نقل جاده‌ای در مسافت‌های بالا، بهره‌وری سیستم حمل و نقل وضع مطلوبی ندارد و بخش قابل توجهی از منابع کشور در این بخش اتلاف می‌شود که حمل و نقل چوب نیز از

مازاد مقطوعات جنگلی به شبکه جاده در یک سایت تحقیقاتی در کلرادو، توانستند هزینه‌های تدارکات را تا ۱۱ درصد نسبت به سیستم معمولی کاهش دهند. Lin et al. (2016) در پژوهشی یک رویکرد چندسطحی بهینه‌سازی کلونی مورچگان را برای حل مشکلات برنامه‌ریزی حمل‌ونقل جنگل محدود ارائه کردند و نتایج نشان‌دهنده کیفیت بالاتر و زمان کوتاه‌تر حمل‌ونقل در این روش است. این پژوهش در جستجوی راهکار بهینه برای حمل‌ونقل و توزیع چوب توأم با رویکردی بر حمل‌ونقل ریلی است که در سطح اقتصاد کلان بازار چوب ایران و در شبکه حمل‌ونقل جاده‌ای و ریلی بین‌شهری صورت می‌گیرد.

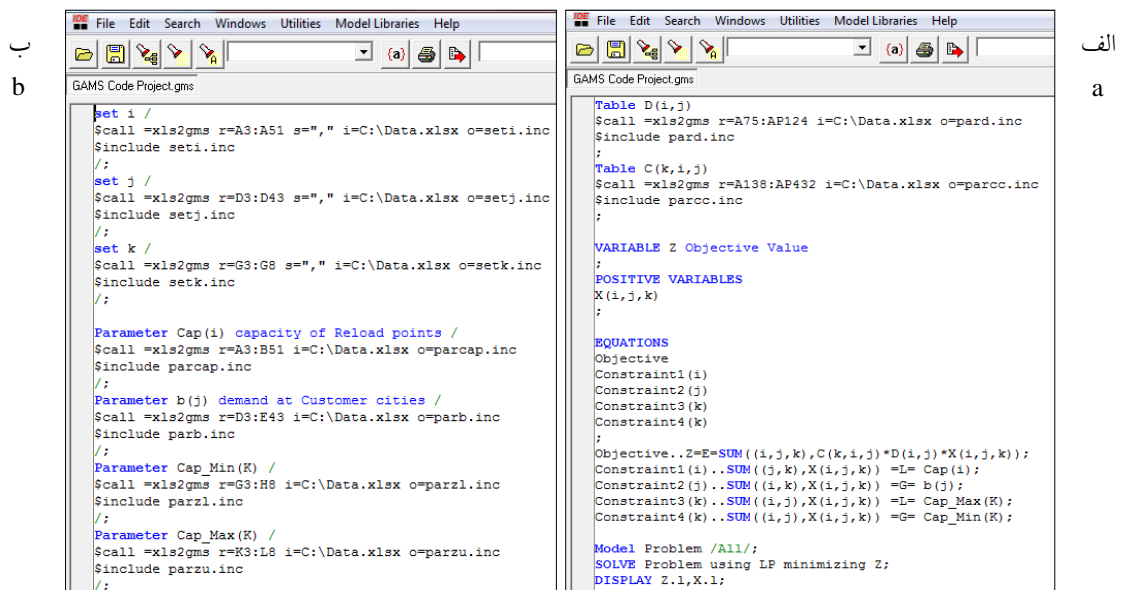
مواد و روش‌ها

این پژوهش در سطح کلان برای کشور ایران و مبتنی بر شبکه‌های زیرساختی موجود توسعه داده شد. در این تحقیق ۴۱۴ شهرستان موردبررسی و گروه‌بندی قرار گرفت و در نهایت ۸۹ مرکز اصلی متقاضی انواع چوب که سراسر کشور ایران را پوشش می‌دهند به‌دست آمد. این مراکز از ۷۲ مبدأ چوب دریافت می‌کنند. برای بررسی کارایی مدل تحقیق، چوب خام توزیع‌شده در سطح کشور در سال ۱۳۹۴ به‌عنوان نمونه موردبررسی و مقایسه قرار گرفت. هدف اصلی این تحقیق یافتن یک سیستم مناسب توزیع چوب است، به‌گونه‌ای که هزینه حمل‌ونقل این نوع کالا از نقاط مبدأ به نقاط مقصد، به کمترین مقدار ممکن کاهش یابد. برای نیل به این هدف با استفاده از برنامه‌ریزی خطی یک مدل حمل‌ونقل سیمپلکس ایجاد شد. در این بهینه‌سازی الگوی مورد استفاده از نوع الگو حمل‌ونقل ساده بوده و نیز افق برنامه‌ریزی یک‌ساله است. بدین منظور هفت گروه چوب خام شامل انواع تخته، چهارتراش، ورق‌های چوبی صنعتی، گرده‌بینه، چوب‌های تیری، هیزم و زغال

گرفته شود (Palmgren, 2003). در پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه حمل‌ونقل چوب خام در ایران تحقیقات اندکی با تنوع محصول کم و در سطوح کوچک انجام شده است. Ghasemi Eghbash et al. (2018) با استفاده از برنامه‌ریزی خطی به بهینه‌سازی حمل‌ونقل چوب به شهر خرم‌آباد از نظر هزینه، نوع وسیله حمل و منابع واردکننده چوب پرداختند. نتایج نشان داد در شرایط واقعی، انتخاب مسیر یا وسیله حمل‌ونقل نامناسب سبب پرداخت هزینه بیشتری نسبت به حالت بهینه‌شده است. Etehadi Abari et al. (2014) به‌منظور یافتن مسیرهای مناسب حمل چوب به سمت کارخانه‌های صنایع چوب و کاغذ و حداقل‌سازی هزینه‌های حمل‌ونقل ثانویه ۴۶ طرح جنگلداری واقع در چهار اداره کل گلستان، ساری، نوشهر و گیلان و ۳۸ کارخانه صنایع چوب و کاغذ را بررسی کردند. درنهایت با داشتن هزینه‌های کل برای هشت مسیر، تنها یک مورد به‌عنوان بهترین مسیر انتخاب شد. در خارج از کشور ایران انواعی از روش‌های بهینه‌سازی برای بهینه‌کردن توزیع و حمل‌ونقل چوب به‌کار برده شده است، مانند: Wang et al. (2020) یک مدل برنامه‌ریزی خطی برای بهینه‌سازی چندین زنجیره تأمین و حمل‌ونقل مواد اولیه زی‌توده برای ۱۳ ایالت در شمال شرقی ایالات متحده توسعه دادند. نتایج نشان داد که فاصله حمل‌ونقل، ظرفیت بارگیر و در دسترس بودن سیستم حمل‌ونقل حساس‌ترین عوامل مؤثر بر هزینه‌های تحویل بودند. Malladi et al. (2018) با استفاده از برنامه‌ریزی عدد صحیح مختلط به بهینه‌سازی عملیات حمل‌ونقل کوتاه-مدت انواع زی‌توده در یک کمپانی بزرگ در بریتیش کلمبیا کانادا پرداختند. نتایج نشان‌دهنده کاهش ۱۲ درصدی هزینه کل و نیز کاهش مقدار مصرف سوخت در مقایسه با مسیرهای تعیین‌شده توسط رانندگان بود. Han et al. (2018) با بهینه‌سازی لجستیک حمل‌ونقل

مدل تحقیق در نرم افزار GAMS 24.1.3 اجرا شد. یک نمونه کد نویسی در این نرم افزار که مربوط به چوب-های چهار تراش در شبکه جاده‌ای است به شرح شکل ۱ است. همان طور که در این شکل مشاهده می شود بعد از تعریف مجموعه اندیس‌ها، شاخص‌ها، جدول‌ها و متغیرهای مسئله، به تعریف و اعلام اسامی تابع هدف و محدودیت‌ها به همراه وابستگی‌شان به اندیس‌های متناظر (Equation Declaration) پرداخته شده و سپس مشخصات این معادلات (Equation Specification) تشریح شده است. اندیس‌ها و شاخص‌های مورد استفاده در مدل حمل و نقل به شرح زیر است:

$i = \text{مبدأ}$ ($RI * Rn$)	$Z =$ کل هزینه حمل و نقل
$n =$ مجموعه مبادی توزیع چوب	$D(i, j) =$ فاصله از مبدأ i تا مقصد j (km)
$j =$ مقصد (مشتری) ($CI * Cm$)	$Cap_{maxk} =$ حداکثر ظرفیت وسیله نقلیه نوع k
$m =$ مجموعه مقاصد دریافت چوب	$C_{ijkp} =$ هزینه ارسال (یک تن در یک کیلومتر) از
$P =$ مجموعه انواع چوب	$Cap_{mink} =$ حداقل ظرفیت وسیله نقلیه نوع k
$k =$ نوع وسیله نقلیه ($kI * k6$)	$C_{ijkp} =$ محصول p توسط وسیله نقلیه k از مبدأ i به مقصد j (برحسب ریال).
$K =$ مجموعه وسایل نقلیه	$Cap(i, p) =$ ظرفیت مبدأ i از کلای p



شکل ۱- الف: مجموعه اندیس‌ها، شاخص‌ها، جدول‌ها و متغیرهای مسئله، ب: معادله و مشخصات آن

Figure 1. a) A set of problem indexes, parameters, tables, and variables, and b) Equation Declaration and Equation Specification

$$Cap_{ip} \sum_j^c \sum_p^p X_{ijpk} \leq \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$D_{jp} \sum_i^r \sum_p^p X_{ijpk} \geq \quad \text{رابطه (۳)}$$

محدودیت حداکثر ظرفیت بارگیر (رابطه ۴) نشان می‌دهد مقداری از چوب که توسط بارگیر k از مبدأ i به مقصد j حمل می‌شود باید کمتر و یا برابر حداکثر ظرفیت بارگیر k باشد. محدودیت مربوط به حداقل ظرفیت بارگیر (رابطه ۵) نشان می‌دهد مقداری از چوب که توسط بارگیر k از مبدأ i به مقصد j حمل می‌شود باید بیشتر و یا برابر حداقل ظرفیت بارگیر k باشد، زیرا در صورت عدم تکمیل حداقل ظرفیت بارگیر هزینه حمل تن کیلومتر افزایش می‌یابد.

$$Cap_{maxk} X_{ijk} \leq \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$X_{ijk} \geq Cap_{mink} \quad \text{رابطه (۵)}$$

تعرفه حمل‌ونقل بارگیرهای کامیونی بر اساس سال ۱۳۹۴ به شرح جدول ۱ است.

متغیر تصمیم (X_{ijpk}) مقداری از هر یک از انواع چوب که از مبدأ i به مقصد j در مسیر بهینه با وسیله نقلیه k حمل می‌شود را مشخص می‌کند. شکل ریاضی تابع هدف به صورت رابطه ۱ است. این تابع هدف شامل کاهش هزینه‌های توزیع و حمل‌ونقل انواع چوب خام از مبادی توزیع به مقاصد دریافت کننده است.

$$\min Z: \sum_i^r \sum_j^c \sum_p^p \sum_k^K (C_{ijpk} d_{ij}) \cdot X_{ijpk} \quad \text{رابطه (۱)}$$

محدودیت مربوط به تقاضا (رابطه ۲) نشان می‌دهد که مقداری از محصول p ام که توسط بارگیر k از مبدأ i به مقصد j حمل می‌شود باید کمتر و یا برابر ظرفیت مبدأ i از کالای p باشد. محدودیت مربوط به عرضه (رابطه ۳) نشان می‌دهد که مقداری از محصول p ام که توسط بارگیر k از مبدأ i به مقصد j حمل می‌شود باید بیشتر و یا برابر مقدار تقاضای مقصد (مشتری) j از کالای p آن باشد.

جدول ۱- هزینه حمل‌ونقل بارگیرهای کامیونی

Table 1. Transportation cost by Truck loaders

هزینه حمل یک تن بار در یک کیلومتر (ریال) transport prices-per ton-kilometer (Rial)				بارگیر Loader	حداکثر ظرفیت (تن) Maximum capacity (ton)	حداقل ظرفیت (تن) Maximum capacity (ton)	نوع بارگیر (k) Loader type (k)
فاصله Distance							
>500	200-500	100-200	<1 00				
1850	3400	5500	18000	وانت Pickup truck	2	1	K1
1800	2650	4500	9000	انواع خاور و کامیونت (طاق‌دار، بغل‌دار معمولی و چادری، مسقف، کفی و ساده) Light Truck	5	2	K2
1350	2000	3000	7300	طاق‌دار ایفا، کمپرسی خاور، طاق‌دار بنز ۹۱۱ Benz L-series truck	10	3	K3
800	1200	2000	4200	انواع ۴ و ۶ چرخ، کمپرسی، بغل‌دار، مسقف و کفی 6 wheel trucks	15	7	K4
680	1100	1800	4300	طاق‌دار، مسقف، کمپرسی، بغل‌دار و کفی ۱۰ چرخ 10 wheel trucks	22	12	K5

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

هزینه حمل ۱ تن بار در یک کیلومتر (ریال) transport prices-per ton-kilometer (Rial)				بارگیر loader	حداکثر ظرفیت (تن) Maximum capacity (ton)	حداقل ظرفیت (تن) Maximum capacity (ton)	نوع بارگیر (k) Loader type (k)
فاصله Distance							
>500	200-500	100-200	<1 00				
680	1100	1800	4500	کمپرسی بغل دار، کانتینردار، مسقف، کمپرسی، بغل دار چادری، بغل دار معمولی و کفی ۱۲، ۱۴ و ۱۸ چرخ، کمرشکن ۶ محور و ... 12, 14 and 18 wheel trucks, Loaded Semi Trailer (Large Truck)	25	17	K6

معیارهای محاسبه کرایه حمل و نقل ریلی بار
 تعرفه حمل ریلی از سه بخش اصلی تشکیل شده است:
 حق دسترسی به شبکه، حق مالکانه لکوموتیو و حق مالکانه واگن که در جدول ۲، سهم هریک از اجزاء به تفکیک نشان داده شده است.

جدول ۲- سهم هریک از اجزاء حمل و نقل ریلی

Table 2. Share of each rail transport component

حق دسترسی Right of Way Access	لکوموتیو Locomotive	حق مالکانه واگن Wagon property rights
28.8	37.1	34.1

بر اساس سیاست تعرفه‌ای، محاسبه وزنی کالا در
 شبکه حمل و نقل ریلی از ۱۰ تا ۶۰ تن به صورت جدول
 ۳ است و از ۶۰ تن به بالا، وزن واقعی، مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

جدول ۳- محاسبه وزنی کالا در شبکه حمل و نقل ریلی

Table 3. Weight calculation in rail transportation network

معیار وزنی (تن) Criterion weight (tons)	وزن محاسباتی محموله (تن) Load weight (tons)	معیار وزنی (تن) Criterion weight (tons)	وزن محاسباتی محموله (تن) Load weight (tons)	معیار وزنی (تن) Criterion weight (tons)	وزن محاسباتی محموله (تن) Load weight (tons)
50	47-51	30	27-31	10	12>
55	52-55	35	32-36	15	13-16
60	55<	40	37-40	20	17-23
-	-	45	41-46	25	24-26

مسیرهای باری ریلی بین مراکز مورد پژوهش بر اساس اطلاعات شرکت راه آهن جمهوری اسلامی ایران در پایان سال ۱۳۹۸ به روزرسانی شده است.

Rail routes between the research centers have been updated based on the information of the Railway Company of the Islamic Republic of Iran at the end of 2019.

مقدار کلی چوب خام جابجاشده مورد بررسی بین

مبادی و مقاصد مورد پژوهش به شرح جدول ۴ است

نتایج

توزیع و حمل و نقل چوب قبل از بهینه سازی

که سهم شبکه ریلی بسیار ناچیز بوده و شامل ۱۵۰۰ تن از چوب‌های چهارتراش است. تناژ و هزینه حمل‌ونقل انواع چوب جابجا شده بین مبادی و مقاصد قبل از

بهینه‌سازی به شرح جدول ۵ است. این اطلاعات از تحلیل برنامه‌های ثبت‌شده در سازمان راهداری و حمل‌ونقل به دست آمد.

جدول ۴- مقدار کلی چوب خام حمل شده در کشور ایران -۱۳۹۴

Table 4. Total raw wood transported in Iran - 2015

درصد حمل‌ونقل چوب خام Percentage of transportation of raw wood	وزن چوب خام (تن) Raw wood weight (tons)	روش حمل‌ونقل Transport method
99.94	2829947	جاده‌ای Road transportation
0.06	1500	ریلی Rail transportation
100	2831447	کل Total

جدول ۵- وزن بار انواع چوب آلات جابجا شده بین مبادی و مقاصد موردپژوهش قبل از بهینه‌سازی

Table 5. Weight of wood transported from Supplier to customer before optimization

حمل‌ونقل ریلی Rail transportation				حمل‌ونقل جاده‌ای Road transportation				نوع چوب Wood type
هزینه (میلیون ریال) Cost (million rials)	تعداد بار Number of loading	مسافت طی شده (km) Distance traveled (km)	وزن بار (تن) Tonnage (ton)	هزینه (میلیون ریال) Cost (million rials)	تعداد بار Number of loading	مسافت طی شده (km) Distance traveled (km)	وزن بار (تن) Tonnage (ton)	
-	-	-	-	21488.03	3699	2483396	42884	تیر Beams
-	-	-	-	664489.98	43843	38643968	863006	انواع تخته Lumber types
-	-	-	-	288652.09	36054	19947213	581273	ورق‌های چوبی Industrial wooden sheets
950	26	10560	1500	101537.49	9456	6734022	174400	چوب‌های چهارتراش Cants
-	-	-	-	42499.59	9003	7560979	52508	ذغال چوب Charcoals
-	-	-	-	42499.59	6146	5887336	60870	چوب همیزم Wood fuels
-	-	-	-	550441.98	81962	51915366	1055006	گرده بینه Logs
950	26	10560	1500	1703753.07	190163	133172280	2829947	جمع Total

با توجه به جدول ۶ بعد از بهینه‌سازی در روش تلفیقی جاده‌ای-ریلی ۶/۸۶ درصد معادل ۱۹۴۳۵۴ تن از کل چوب توسط حمل‌ونقل ریلی و ۹۳/۱۴ درصد معادل ۲۶۳۷۰۹۳ تن از کل چوب توسط حمل‌ونقل ریلی جایجا شده است. در این روش هزینه کل ۲۴/۰۲ درصد نسبت به شرایط واقعی کاهش یافته است.

توزیع و حمل‌ونقل چوب بعد از بهینه‌سازی بهینه‌سازی توزیع و حمل‌ونقل چوب به دو صورت حمل‌ونقل جاده‌ای و حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای-ریلی انجام شد. در ادامه وضعیت توزیع چوب‌ها از مبادی به مقاصد در هر دو روش جاده‌ای و جاده‌ای-ریلی تشریح شده است.

حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای-ریلی

جدول ۶- نتایج بهینه‌سازی حمل‌ونقل جاده‌ای-ریلی انواع چوب‌آلات بعد از بهینه‌سازی

Table 6. Results of road-rail transport optimization of wood after optimization

درصد کاهش Percentage of reduction	کل هزینه حمل‌ونقل (میلیون ریال) Total cost (million rials)	حمل‌ونقل ریلی Rail transportation		حمل‌ونقل جاده‌ای Road transportation		نوع چوب Wood type
		هزینه (میلیون ریال) Cost (million rials)	وزن بار (تن) Tonnage (ton)	هزینه (میلیون ریال) Cost (million rials)	وزن بار (تن) Tonnage (ton)	
10.69	19191.61	-	-	1919.61	42884	تیر Beams
35.24	430356.70	12343.02	74200	418013.68	788806	انواع تخته Lumber types
31.94	196444.29	8701.17	34146	187743.12	547127	ورق‌های چوبی صنعتی Industrial wooden sheets
12.81	89355.40	3505.08	13870	85850.32	162030	چوب‌های چهارتراش Cants
41.33	24936.23	1224.23	6662	23712.00	45846	زغال چوب Charcoals
20.43	34371.02	315.60	1099	34055.42	59771	چوب هیزم Wood fuels
10.16	494496.86	15140.32	64377	479356.54	990629	گرده بینه Logs
24.75	1289152.11	41229.42	194354	1247923.69	2637093	جمع Total

هزینه‌های قبل و بعد از بهینه‌سازی

با توجه به جدول ۸، در شرایط بهینه، روش جاده‌ای-ریلی هزینه کل را ۲۴/۷۵ درصد و روش جاده‌ای هزینه کل را ۲۲/۳۱ درصد نسبت به شرایط واقعی کاهش داده است و تفاوت این دو روش حدود ۲/۵ درصد است.

حمل‌ونقل جاده‌ای

جدول ۷ نتایج بهینه‌سازی حمل‌ونقل جاده‌ای انواع چوب‌آلات بعد از بهینه‌سازی را نشان می‌دهد. در این شرایط هزینه کل ۲۲/۳۱ درصد نسبت به شرایط واقعی کاهش است.

جدول ۷- نتایج بهینه‌سازی حمل‌ونقل جاده‌ای انواع چوب‌آلات بعد از بهینه‌سازی

Table 7. Results of road transport optimization of wood after optimization

درصد کاهش	هزینه (میلیون ریال)	وزن بار (تن)	نوع چوب
Percentage of reduction	Cost (million rials)	Tonnage (ton)	Wood type
10.69	19191.60	42884	تیر Beams
31.66	454101.40	863006	انواع تخته Lumber types
31.44	197892.36	581273	ورق‌های چوبی صنعتی Industrial wooden sheets
5.46	96895.62	175900	چوب‌های چهارتراش Cants
38.58	26103.83	52508	ذغال چوب Charcoals
19.98	34566.38	60870	چوب هیزم Wood fuels
8.76	502196.04	1055006	گرده بینه Logs
22.31	1330947.26	2831447	جمع Total

جدول ۸- مقایسه هزینه حمل‌ونقل قبل و بعد از بهینه‌سازی

Table 8. Comparison of transportation costs before and after optimization

حمل‌ونقل جاده‌ای		حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای-ریلی		قبل از بهینه‌سازی	
Road transportation		Road-Rail transportation		Before optimization	
درصد کاهش	هزینه حمل‌ونقل	درصد کاهش	هزینه حمل‌ونقل	هزینه حمل‌ونقل	نوع چوب
Percentage of reduction	(میلیون ریال) Cost (million rials)	Percentage of reduction	(میلیون ریال) Cost (million rials)	(میلیون ریال) Cost (million rials)	Wood type
10.69	19191.61	10.69	19191.61	21488.03	تیر Beams
31.66	454101.40	35.24	430356.70	664489.98	انواع تخته Lumber types
31.44	197892.36	31.94	196444.29	288652.09	ورق‌های چوبی صنعتی Industrial wooden sheets
5.46	96895.62	12.81	89355.40	102487.49	چوب‌های چهارتراش Cants
38.58	26103.83	41.33	24936.23	42499.59	ذغال چوب Charcoals
19.98	34566.38	20.43	34371.02	43197.91	چوب هیزم Wood fuels
8.76	502196.04	10.16	494496.86	550441.98	گرده بینه Logs
22.31	1330947.26	24.75	1289152.11	1713257.07	جمع Total

مسافت طی شده قبل و بعد از بهینه‌سازی
جاده‌ای ۴۳/۴۲ درصد نسبت به شرایط واقعی قبل از
نتایج نشان داد که با بهینه‌سازی مسافت حمل‌ونقل در
بهینه‌سازی کاهش می‌یابد (جدول ۹).
روش تلفیقی جاده‌ای-ریلی ۴۵/۳۶ درصد و در روش

جدول ۹- مقایسه مسافت حمل‌ونقل قبل و بعد از بهینه‌سازی

Table 9. Comparison of transportation distances before and after optimization

حمل‌ونقل جاده‌ای Road transportation		حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای-ریلی Road-Rail transportation		قبل از بهینه‌سازی Before optimization
درصد کاهش Percentage of reduction	مسافت طی شده (km) Distance traveled (km)	درصد کاهش Percentage of reduction	مسافت طی شده (km) Distance traveled (km)	مسافت طی شده (km) Distance traveled (km)
56.65	1076568	56.65	1076568	2483396
35.93	24758076	36.58	24508585	38643968
50.9	9794202	53.15	9345925	19947213
21.18	5307510	31.9	4585925	6734022
79.16	1575612	80.5	1474721	7560979
62.35	2216449	62.69	2196309	5887336
41.01	30625008	43.03	29574007	51915366
43.42	75353425	45.36	72762040	133172280

تعداد بار قبل و بعد از بهینه‌سازی
درصد و در روش جاده‌ای ۲۹/۰۴ درصد نسبت به
بر اساس نتایج به‌دست‌آمده با بهینه‌سازی تعداد بارهای
شرایط واقعی قبل از بهینه‌سازی کاهش می‌یابد (جدول
حمل‌ونقل در روش تلفیقی جاده‌ای-ریلی ۳۴/۷۷ (۱۰).

جدول ۱۰- مقایسه تعداد بار قبل و بعد از بهینه‌سازی

Table 10. Comparison of loading before and after optimization

حمل‌ونقل جاده‌ای Road transportation		حمل‌ونقل تلفیقی جاده‌ای-ریلی Road-Rail transportation		قبل از بهینه‌سازی Before optimization
درصد کاهش Percentage of reduction	تعداد بار Number of loading	درصد کاهش Percentage of reduction	تعداد بار Number of loading	تعداد بار Number of loading
49.72	1860	49.72	1860	3699
16.80	36478	21.95	34219	43843
24.47	27232	30.69	24989	36054
12.90	8236	28.78	6735	9456
61.72	3446	66.36	3029	9003
51.04	3009	52.73	2905	6146
33.28	54684	38.61	50315	81962
29.04	134945	34.77	124052	190163

بحث
این پژوهش بهینه‌سازی شبکه توزیع و حمل‌ونقل چوب
در ایران با دو رویکرد حمل‌ونقل جاده‌ای و حمل‌ونقل
تلفیقی جاده‌ای-ریلی را مورد بررسی قرار داد. نتایج
بیانگر موفقیت این بهینه‌سازی در هر دو روش بود، به-
گونه‌ای که در سال ۱۳۹۴، ۲۸۳۱۴۴۷ هزار تن چوب

محدودیت وزن و ابعاد که توسط دولت‌ها تنظیم می‌شود و محدودیت قطار که معمولاً به‌جای وزن از نظر حجم است و انواعی از چوب که دارای حجم بالا و وزن کم هستند سبب محدودیت‌های اقتصادی برای حمل‌ونقل قطار شود. (Visser et al., 2020) روش‌های مترکم سازی مانند بسته‌بندی برخی از انواع چوب را یک راه‌حل برای بهبود کارایی هزینه حمل‌ونقل ریلی آن معرفی کرد. نتایج این پژوهش نشان داد در مسافت‌های کوتاه حمل‌ونقل جاده‌ای ترجیح داده می‌شود که با نتایج تحقیقات (Wang et al., 2020) هم‌خوانی دارد، به‌گونه‌ای که این محقق بیان داشت که حمل‌ونقل جاده‌ای معمولاً به‌علت انعطاف‌پذیری آن برای مسافت کوتاه، ترجیح داده می‌شود، درحالی‌که از قطار می‌توان برای مسافت طولانی و وزن بالای چوب استفاده کرد. همچنین تعداد بار (جدول ۱۰) و مسافت طی شده قبل و بعد از بهینه‌سازی (جدول ۹) بیانگر کاهش قابل‌توجه مسافت حمل‌ونقل در هر دو رویکرد، به‌ویژه حمل‌ونقل ریلی است و این امر موفقیت این بهینه‌سازی و نیز انتخاب صحیح ناوگان باری در این پژوهش را نشان می‌دهد. امروزه اهمیت محیط‌زیست و نقش حیاتی آن در توسعه کشورها، مانند کشورهای جهان سوم، امری انکارناپذیر است (Gholizadegan et al., 2019)؛ از طرفی به‌دلیل هزینه‌های قابل‌توجه بخش حمل‌ونقل برای محیط‌زیست، مانند آلاینده‌های هوا، آلودگی صوتی و تخریب زیستگاه‌ها، توجه به برقراری تعادل بین آسیب‌های زیست‌محیطی و داشتن یک نظام حمل‌ونقل کارا از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به گسترش استفاده از وسایل نقلیه و افزایش پوشش زیرساخت‌ها، لازم است اقدامات مؤثری برای کاهش اثرها زیست‌محیطی حمل‌ونقل انجام شود (Anonymous, 2018) که با توجه به یافته‌های تحقیق فوق بهینه‌سازی شبکه توزیع و حمل‌ونقل یکی از این

خام با هزینه حمل‌ونقل ۱۷۰۳۷۵۳ میلیون ریال توزیع شده است و با بهینه‌سازی توزیع و حمل‌ونقل این هزینه می‌تواند در روش جاده‌ای-ریلی با ۲۴/۷۵ درصد کاهش به ۱۲۸۹۱۵۲ میلیون ریال و در روش حمل‌ونقل جاده‌ای با ۲۲/۳۱ درصد کاهش به ۱۳۳۰۹۴۷ برسد. در روش جاده‌ای-ریلی با وجود اینکه تنها ۶/۸۶ درصد (۱۹۴۳۵۴ تن) از کل چوب توسط شبکه ریلی حمل می‌شود، هزینه کل حدود ۲/۵ درصد بیشتر از روش جاده‌ای کاهش‌یافته و این عدد قابل‌توجه است. این کاهش هزینه در هر دو روش مربوط به توزیع بهینه چوب از مبادی توزیع به مقاصد و انتخاب مناسب ناوگان باری بر اساس وزن بار و شعاع ارسال است. با توجه به خطوط و ناوگان باری ریلی موجود در کشور، امکان انتقال درصد بیشتری از چوب خام وجود داشت که در این بهینه‌سازی، به‌علت گران‌تر شدن هزینه حمل در مسیرهای که فاصله ریلی به مقدار قابل‌توجهی بیشتر از فاصله جاده‌ای بود، حمل‌ونقل جاده‌ای ترجیح داده شد. در شرایطی که تفاوت فاصله ریلی و جاده‌ای خیلی قابل‌توجه نباشد به ازای افزایش تن کیلومتر بار، احتمال انتخاب شیوه حمل توسط جاده کاهش می‌یابد و ممکن است افزایش وزن و یا فاصله به‌تنهایی احتمال فوق را کاهش ندهد (Samimi et al., 2018). نتایج این تحقیق بیانگر این موضوع است که هزینه تحویل نسبت به فاصله حمل‌ونقل یا شعاع تهیه و ظرفیت ناوگان باری بسیار حساس است. (Wang et al., 2020) شعاع تهیه زی‌توده، ظرفیت بارگیر و قیمت سوخت را مهم‌ترین عوامل مؤثر در کل هزینه تحویل دانست و بیان داشت که اگر بازار زی‌توده سلولزی به‌خوبی در سطح کشور توسعه یابد، قطار یک روش قابل‌استفاده برای کاهش هزینه حمل‌ونقل آن خواهد بود. نتایج تحقیقات Line et al. (2016) نشان داد که در حمل‌ونقل چوب خام، برای کامیون دو محدودیت اساسی وجود دارد:

و افزایش قابلیت دسترسی نقاط دیگری از کشور، بازارهای جدیدی به بازارهای بالقوه افزوده خواهد شد (Kalantari and Razini, 2016). شایان ذکر است که نتایج این پژوهش می‌تواند با تغییرات اندکی در الگوریتم طراحی شده به تعداد کمتر و یا بیشتری از انواع گروه چوبی و نقاط عرضه و تقاضا تعمیم پیدا کند. از این رو هدایت پژوهش‌های بیشتر به سمتی که برای یافتن زنجیره بهینه توزیع چوب کشوری باشد مورد نیاز برنامه‌ریزان و مدیران این حوزه خواهد بود. در بخش حمل‌ونقل نیز در حال حاضر در ایران، شبکه جاده‌ای در برخی مسیرها با حجمی بالاتر از ظرفیت خود روبه‌رو است، در حالی که شبکه ریلی، در بسیاری از مسیرها امکان استفاده از ظرفیت موجود را ندارد. از این رو لازم است سیاست‌ها و اقداماتی در زمینه افزایش به‌کارگیری ظرفیت ریلی در کشور در بخش حمل‌ونقل در نظر گرفته شود تا این عدم تعادل بین شیوه‌های حمل‌ونقل به کمینه مقدار خود برسد و این امر شامل حمل‌ونقل چوب به‌عنوان یکی از گروه‌های اصلی باری در کشور نیز می‌شود. بر اساس پژوهش‌های موجود، در ایران سهم هزینه‌های حمل‌ونقل از قیمت تمام‌شده کالا در حدود دو برابر میانگین جهانی است. در این زمینه هم به دلیل سهم بالای حمل‌ونقل جاده‌ای در حمل‌ونقل چوب در مسافت‌های بالا، بخش قابل توجهی از منابع کشور در این بخش اتلاف می‌شود. با توجه به مقدار مصرف چوب در کشور، نیاز به شناخت و ایجاد زنجیره توزیع حمل‌ونقل بهینه چوب امری ضروری است.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت برنامه‌بودجه سازمان راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای که ما را در انجام این تحقیق یاری و حمایت کردند صمیمانه تشکر می‌کنیم.

مؤثرترین این اقدامات است. در طی ده‌ساله اخیر، سهم بخش حمل‌ونقل در مصرف فرآورده‌های نفتی در ایران افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است (Anonymous, 2018)، از طرفی بر اساس تحلیل منابع کلان انرژی کشور مقدار مصرف سوخت گازوئیل و تولید آلاینده‌های هوا به ازای هر تن کیلومتر در بخش جاده ۹/۵ برابر ریل است بنابراین افزایش سهم ریلی از حمل‌ونقل بار نیز تأثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش اثرهای زیست‌محیطی بخش حمل‌ونقل خواهد داشت (Samimi et al., 2018). (Tahvanainen et al., 2011). بیان داشت که حمل‌ونقل ریلی یک گزینه امیدوارکننده، مقرون‌به‌صرفه و دارای محیط‌زیست سالم است؛ اما استفاده از این روش برای حمل‌ونقل چوب نیاز به برنامه‌ریزی دقیق‌تر لجستیکی دارد زیرا واحدهای حمل‌ونقل محدود است و به‌علت اجاره‌ای بودن واگن‌ها زمان بارگیری زیادی وجود ندارد، این شرایط در ایران نیز وجود داشته و از طرفی بارگیری برخی از انواع چوب خام زمان‌بر است. افزایش هزینه‌های انرژی و تقاضا برای بهبود ایمنی ترافیک جاده‌ای به‌طور کلی موجب افزایش علاقه به حمل‌ونقل ریلی می‌شود ولی متأسفانه به دلایل استراتژیک مانند عدم پوشش‌دهی کافی ریلی در سطح کشور ایران، سرعت نامناسب حمل‌ونقل بار، عدم توسعه زیرساخت‌های اطلاعاتی حمل‌ونقل بار، فرسودگی و کمبود امکانات تخلیه و بارگیری در مبادی داخلی و اینکه ناوگان ریلی متناسب با خطوط ریلی افزایش پیدا نکرده است، سبب شده که حمل‌ونقل ریلی سهم کمی از حمل‌ونقل بار را در ایران برعهده داشته باشد (Shojaei et al., 2018) که حمل‌ونقل چوب نیز از این شرایط مستثنا نیست. بازارهای بالقوه حمل‌ونقل ریلی عبارت است از تمام نقاطی که به شبکه ریلی دسترسی دارند. بدیهی است در صورت توسعه شبکه ریلی کشور

References

- Anonymous, Association of Iran Wood Industries Employers. Import and export statistics of all types of wood, furniture, pulp, 2020.
- Anonymous, Strategic plan of Iran's transportation sector. Ministry of Roads and Urban Development of the Islamic Republic of Iran, Deputy of Transportation, 2018; 47 p. (In Persian)
- Anonymous, Ministry of Roads and Urban Development, Deputy Minister of Transportation, Review of policies, priorities and programs of the Ministry of Roads and Urban Development in the field of logistics. The third specialized logistics working group. 2017; 34 p. (In Persian)
- Elyasi, M.; Mohammadi, M., Mirzaei H., Safardoust, A., Institutional Mapping of Innovation in the Railway Transport Industry. *Journal of Roshde Fanavari* **2019**, 15 (58), 30-38. (In Persian)
- Etehad Abari, M.; Majnounian, B., Chung, W., Abdi, E., Application of NETWORK 2000 in order to optimizing of truck transportation costs from forest to mills in Hyrcanian Forest. *Iranian Journal of Forest* **2014**, 5 (4), 349-360. (In Persian)
- Ghasemi Eghbash, F.; Adeli, K., Namdari, S., Rezaei, A., Determining the most optimal network for transporting wood and its products to Khorramabad from an economic point of view, Presented at 15th National Conference Environmental Impact Assessment of Iran, Tehran, Iran. 2018. (In Persian)
- Gholizadegan, V.; Alijanpour, A., Hajjarian, M., Banj Shafiei, A., Investigation on environmental knowledge of Urmia University students. *Journal of Forest Research and Development* **2019**, 5 (1), 41-54.
- Han, H.; Chung, W.; Wells, L.; Anderson, N., Optimizing biomass feedstock logistics for forest residue processing and transportation on a tree-shaped road network. *Forests* **2018**, 9 (3), 121.
- Kalantari, H.; RAZINI, E., ranking the market for the railway commodity transport and proposing the target markets. *Iranian Journal of Trade Studies* **2017**, 21 (81), 149-180. (In Persian)
- Khorami Moghadam, S.; Bakhshoodeh, M., Economic appraisal of timberwork in Gilan province, *Journal of Agricultural Economics* **2007**, 1 (3), 189-196. (In Persian)
- Lin, P.; Contreras, M. A., Dai R., Zhang, J., A multilevel ACO approach for solving forest transportation planning problems with environmental constraints. *Swarm and Evolutionary Computation* **2016**, 28, 78-87.
- Lin, T.; Rodríguez, L. F.; Davis, S.; Khanna, M.; Shastri, Y.; Grift, T.; Long, S.; Ting, K., Biomass feedstock preprocessing and long-distance transportation logistics. *Gcb Bioenergy* **2016**, 8 (1), 160-170.
- Malladi, K. T.; Quirion-Blais, O.; Sowlati, T., Development of a decision support tool for optimizing the short-term logistics of forest-based biomass. *Applied Energy* **2018**, 216, 662-677.
- Moad, K.; François, J.; Bourrières, J.-P.; Lebel, L.; Vuillermo, M. In *A bi-level decision model for timber transport planning*, 6th Int conf Information systems, logistics and supply chain, 2016.
- Palmgren, M.; Rönnqvist, M.; Värbrand, P., A solution approach for log truck scheduling based on composite pricing and branch and bound. *International Transactions in Operational Research* **2003**, 10 (5), 433-447.
- Rezaei, A.; Adeli, K., Ghasemi Aqbash, F., Namdari, S., Application of research methods in operations in wood transportation,, 6th International Conference new ideas in Agriculture, Environment and Tourism, Ardabil, Institute for Supporters of the Ideal Environment, 2015; 9p. (In Persian)
- Saeidian, K.; Adeli, K., Maleknia, R., Khosravi, SH., Factors Affecting the Derivative Demand of Wood and Its Products from Housing Demand, Presented at 6th International Conference on Ideas in Agriculture, Environment and Tourism, Ardabil, Institute for Supporters of the Ideal Environment, 2015. (In Persian)
- Samimi, A.; Kawamura, K.; Mohammadian, A. *A disaggregate analysis of rail-truck mode choice behaviors for freight shipments*; 2011.
- Shojaei, S.; Hussein, A., Ajdari, A. A., An analysis of the real demand of the rail transport fleet in the country and the ability to build domestically. Deputy of Infrastructure Research and Production Affairs of Energy, Industry and Mining Studies (Industry Group), Islamic Parliament Research Center of the Islamic Republic of IRAN. 2019; 29 p. (In Persian)

Tahvanainen, T.; Anttila, P., Supply chain cost analysis of long-distance transportation of energy wood in Finland. *Biomass and Bioenergy* **2011**, *35* (8), 3360-3375.

Visser, L.; Hoefnagels, R.; Junginger, M., Wood pellet supply chain costs—A review and cost optimization analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **2020**, *118*, 109506.

Wang, Y.; Wang, J., Schuler, J., Hartley, D., Volk, T., Eisenbies, M., Optimization of harvest and logistics for multiple lignocellulosic biomass feedstocks in the northeastern United States, *Journal of Energy* **2020**, *197*, 117260

Optimization of wood distribution and transportation network with emphasis on rail transport

S. Peyrov^{*1}, M. Lotfalian², K. Adeli³, T. Pentek⁴

1- Ph.D. student of Forest Engineering, Faculty of Natural Resources Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. (peyrovsaba@gmail.com)

2- Professor, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. (mlotfalian@yahoo.com)

3- Assistant Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khoramabad, Iran. (kamranadeli@yahoo.com)

4- Professor, Department of Forest Engineering, Forestry Faculty of Zagreb University, Zagreb, Croatia. (tpentek@sumfak.hr)

Received: 28.07.2020 Accepted: 03.10.2020

Abstract

The main purpose of this study is determination of optimal wood distribution and transportation Network in Iran with emphasis on railways. For this purpose, a simple distribution and transportation model was created for seven groups of wood in GAMS 24.1.3 software. This transportation model is simple, the planning horizon is one year and the transportation method is both road and road-rail. The results showed that after optimization, in the road-rail method, 6.86% of total wood will be transported by rail network and 93.14% will be transported by road network. This method reduces the total cost of transportation by 24.02% compared to the actual conditions in the road transport method. In the road method, after optimization, the total cost is reduced by 22.31%. This cost reduction in both methods is related to the optimal distribution of wood from the distribution bases to the receiving bases and the appropriate selection of the cargo fleet based on the tonnage of the load and the radius of shipment. In the optimal transportation distance in the road-rail method 45.36% and in the road method 43.42% and the number of loads respectively 34.77 and 29.04% compared to the conditions Non-optimal will be reduced. Given the high rate of wood consumption in Iran and the importance of improving productivity indicators in the field of freight costs as one of the strategic goals of the transportation sector in the coming years, the need to recognize and create a chain of distribution and optimal transportation of wood is remarkable.

Keywords: Simplex Algorithm, Load tonnage, Cargo fleet, Transportation Cost.

* Corresponding author

Tel: +989901514462

ارزیابی روش ریزقطعه‌نمونه برای برآورد تراکم زادآوری گیلاس وحشی (*Prunus avium L.*)

کیان یگان‌دوست^۱ و بهمن کیانی^{۲*}

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (kiyan.yegandoost138@gmail.com)

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران. (bnkiani@yazd.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۱۶

چکیده

هدف این پژوهش، بررسی دقت و صحت روش ریزقطعه‌نمونه منفرد در برآورد زادآوری گونه نادر گیلاس وحشی و معرفی روش جایگزین بوده است. برای این منظور، ابتدا با انجام جنگل‌گردشی، سه پارسل از سری هفت سفارود که دارای درختان مادری و زادآوری طبیعی گیلاس وحشی بودند، انتخاب شدند. تعداد ۵۰ قطعه‌نمونه دایره‌ای هریک به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع، به صورت منظم تصادفی، در شبکه‌ای به ابعاد ۱۵۰×۲۰۰ متر برداشت شد. در هر قطعه‌نمونه، چهار ریزقطعه‌نمونه، هریک به شعاع دو متر مشخص و نهال‌های گیلاس وحشی موجود در آنها، که ارتفاع کمتر از ۱/۳۰ متر داشتند، شمارش شدند. در هر قطعه‌نمونه، یک ترانسکت به عرض ۰/۲ و طول ۱۰ متر نیز مشخص و نهال‌های گیلاس وحشی موجود در آن شمارش شد. در مساحت ۱۰۰۰۰ مترمربع مشتمل بر ۱۰ قطعه‌نمونه، تمام نهال‌های گیلاس وحشی شمارش و تراکم به دست آمده، به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج، خطای نمونه-برداری در روش ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای حداقل (۱۸/۶۹ درصد) و در روش ترانسکت حداکثر (۴۵/۶۲ درصد) بود. همچنین، روش ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای بیشترین صحت (۱۵/۷۲ درصد) و روش ترانسکت کمترین صحت (۱۱۱/۷۴ درصد) را در برآورد تراکم داشت. آزمون t تک‌نمونه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین روش‌های نمونه‌برداری ترانسکت عریض و ریزقطعه‌نمونه منفرد با شاهد در سطح پنج درصد وجود دارد. درحالی‌که روش ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای از نظر آماری اختلافی با شاهد نداشت.

واژه‌های کلیدی: زادآوری، سفارود، قطعه‌نمونه، نمونه‌برداری، نهال.

مقدمه

کیفی توده‌های جنگلی منطقه حفاظت‌شده ارسباران نیز (Moradi Dirmandrik et al., 2019) از همین روش استفاده کردند. در تحقیق Mirschel et al. (2011) از دو ریزقطعه‌نمونه هریک به مساحت ۲۵ مترمربع در قطعه‌نمونه‌های ۴۰۰ مترمربعی برای بررسی زادآوری در جنگل‌های شمال شرق آلمان استفاده شد. در تحقیق Windmuller and Long (2016) چهار ریزقطعه‌نمونه برای بررسی وضعیت زادآوری *Pinus flexilis* (James.) در جنگل‌های آمریکای شمالی استفاده شد. در پژوهش Vousoghian and Shojai (2017) و همچنین Hassanzad Navroodi and Hassannezhad (2015) در هر قطعه‌نمونه یک ریزقطعه نمونه در مرکز آن، به شکل دایره‌ای برای بررسی زادآوری در نظر گرفته شد. در برخی پژوهش‌ها تعداد زیادی ریزقطعه‌نمونه برای بررسی زادآوری مورد استفاده قرار گرفته است (Sheikholeslami et al., 2013, Malekshahi et al., 2015, Mohammadzadeh et al., 2016). دیگر پژوهش‌ها از تعداد محدود ۴-۵ ریزقطعه‌نمونه استفاده کرده‌اند (Alizadeh et al., Hu et al., 2017, Amiri et al., 2008, al., 2019). در برخی موارد که زادآوری نادر و کمیاب بوده، در کل سطح قطعه نمونه شمارش و اندازه‌گیری آن انجام شده که از بین آن‌ها می‌توان به Bagheri et al. (2014) و Omidi and Mirzaei (2015) اشاره کرد. (Khosrowpour et al., 2011) برخی پژوهش‌ها نیز به تعیین تعداد و ابعاد بهینه قطعه‌نمونه برای بررسی تراکم، تاج‌پوشش، حجم در هکتار و غیره پرداخته که از بین آن‌ها می‌توان به Grussu et al. (2015) برای برآورد تنوع زیستی جنگل‌های گینه، Lynch (2017) برای ثابت نگاه داشتن هزینه نمونه‌برداری، Pellico Netto et al. (2014) برای نمونه‌برداری جنگل‌های برزیل (2015)

گیلاس وحشی یا آلوکک با نام علمی *Prunus avium* (L.) متعلق به تیره گل سرخیان است. گسترش این گونه در سراسر جنگل‌های شمال ایران و تا ارتفاع حداکثر ۲۸۰۰ متری از سطح دریا بوده، پراکنش آن به صورت لکه‌ای و معمولاً در قالب گروه‌های کوچک است (Khanjani-Shiraz et al., 2013). گیلاس وحشی در اروپای مرکزی در جنگل‌های پهن‌برگ آمیخته تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا ظاهر شده و تا قفقاز، شمال غربی آفریقا، کریمه و شمال ترکیه پراکنش دارد (Shiranpour et al., 2013). گیلاس وحشی از تخریب درامان نبوده و مطابق با نظر IUCN در گروه گونه‌های آسیب‌پذیر قرار دارد. متأسفانه قطع بی‌رویه این درختان برای استفاده از پوست و چوب آن‌ها و همچنین انتقال نهال‌های مستقرشده در جنگل توسط مردم محلی برای استفاده به‌عنوان پایه پیوند در باغ‌ها، مشکلات متعددی را برای این گونه باارزش به وجود آورده است. نهال‌های گیلاس وحشی تنها در جنگل‌های تحت حفاظت به سنین بالا می‌رسند از این‌رو توجه به این گونه باارزش پیشگام و پژوهش در مورد آن از اهمیت زیادی برخوردار است (Molashahi et al., 2009).

اگرچه روش متداول در ایران و در کارهای اجرایی برای شمارش و اندازه‌گیری زادآوری، برداشت یک ریزقطعه‌نمونه در مرکز قطعه نمونه اصلی است، اما بررسی منابع نشان می‌دهد که در پژوهش‌های مختلف، تعداد، مساحت و الگوهای مختلفی از ریزقطعه‌نمونه به صورت سلیقه‌ای برای بررسی زادآوری استفاده شده است. به‌عنوان مثال Shahriari et al. (2007) در رویشگاه‌های طبیعی گیلاس وحشی از یک ریزقطعه‌نمونه ۱۰۰ متر مربعی در هر قطعه نمونه استفاده کردند. در بررسی ویژگی‌های کمی و

استفاده می‌شود (McWilliams et al., 2005). فرض این پژوهش این بوده است که در مورد گونه‌های نادر، برداشت یک ریزقطعه‌نمونه در هر قطعه‌نمونه احتمالاً کافی نبوده و منعکس‌کننده وضعیت واقعی زادآوری گونه‌های نادر مانند گیلاس وحشی نیست. برداشت تعداد ناکافی ریزقطعه‌نمونه موجب می‌شود، با وجود اهمیتی که گونه‌های نادر از نظر اکولوژیک و تنوع زیستی دارند، برآورد مناسبی از فراوانی آن‌ها به دست نیاید. از این‌رو تحقیق پیش‌رو به بررسی صحت و دقت روش متداول در برداشت زادآوری از یک سو و مقایسه آن با روش پیشنهادی جایگزین از سوی دیگر پرداخته و در عین حال روش ترانسکت را به واسطه سریع بودن، برای نخستین بار در برآورد زادآوری مورد آزمون قرار داده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

حوضه آبخیز سفارود در استان گیلان، بین شهرستانهای رضوانشهر، پره‌سر و ارتفاعات تالش قرار دارد. بیشینه ارتفاع آن ۲۳۲۱ متر و کمینه آن ۸۲ متر از سطح دریا بوده و بیش از ۷۰ درصد آن پوشیده از جنگل و مرتع است. مهم‌ترین منبع آبی این منطقه، رودخانه چفرود به طول ۲۱ کیلومتر است که به دریای خزر می‌ریزد (Azizi et al., 2019). این پژوهش در منطقه جنگلی رودبارسرا در فاصله ۱۰ کیلومتری جنوب شهرستان رضوانشهر انجام شده است. سری هفت سفارود معروف به نسانیه، هفتمین سری از حوزه آبخیز سفارود است که در طول جغرافیایی ۴۰" تا ۴۹° ۲' تا ۴۹° ۷' ۱۰" شرقی و عرض شمالی ۲۰" ۱' تا ۳۷° ۳۰' ۸" واقع شده و مساحت آن ۱۵۶۹ هکتار است. جهت کلی سری شمالی و شیب در بخش‌های مختلف آن متفاوت بوده و بین ۱۰ تا ۸۰

Henttonen and Kangas برای نمونه‌برداری جنگل - های فنلاند و (Maleki and Kiviste 2016) برای نمونه‌برداری جنگل‌های توس در استونی اشاره کرد. مرور منابع بیانگر آن است که ریزقطعه‌نمونه و اهمیت تعداد، مساحت و الگوی قرارگیری آن به‌ندرت مورد بررسی قرار گرفته است. در این خصوص می‌توان به پژوهش (Zobeiri and Erfani-Fard 2003) اشاره کرد که تعداد چهار ریزقطعه‌نمونه به شکل مربع را برای بررسی زادآوری گونه راش در شمال ایران مناسب دانستند. نتیجه پژوهش انجام‌شده در جنگل‌های بابل نیز نشان داد که اندازه ریزقطعه‌نمونه بر خصوصیات کمی زادآوری جنگل تأثیر قابل‌توجهی نداشته اما تعداد آن اهمیت زیادی دارد (Malekshahi et al., 2015). در دیگر منابع، معمولاً مساحت، تعداد ریزقطعه‌نمونه و همچنین چیدمان ریزقطعه‌نمونه‌ها در قطعه نمونه اصلی، به‌صورت سلیقه‌ای انجام و بررسی خاصی در مورد دقت و صحت الگوها، سطوح و تعداد متفاوت ریزقطعه‌نمونه انجام نشده است.

زادآوری درختان جنگلی ضامن بقای آن‌ها است و بررسی کمی و کیفی آن اهمیت زیادی دارد. برای انجام چنین بررسی از روش‌های متفاوت نمونه‌برداری می‌توان استفاده کرد که هر یک مزایا و معایبی دارد. در حال حاضر در کارهای اجرایی از یک ریزقطعه‌نمونه به شعاع دو متر در مرکز قطعه‌نمونه برای اندازه‌گیری و شمارش نهال درختان جنگلی استفاده می‌شود. این در حالی است که طبق نظر (FAO 2015) قرار گرفتن ریزقطعه‌نمونه زادآوری به‌طور مستقیم در مرکز قطعه نمونه اصلی ایده مناسبی نیست زیرا امکان دارد زادآوری در اثر تردد اعضای اکیپ آماربرداری در مرکز قطعه‌نمونه آسیب دیده یا از بین برود. از این‌رو، در برخی از کشورها مانند ایالات متحده از چهار ریزقطعه‌نمونه در هر قطعه‌نمونه برای بررسی زادآوری

و با فاصله هفت متر از مرکز قطعه نمونه مشخص (McWilliams et al., 2005) و با توجه به عرف سازمان جنگل‌ها برای بررسی زادآوری در سطح ریزقطعه نمونه، تمامی نهال‌ها با ارتفاع کمتر از ۱۳۰ سانتی متر مورد شمارش و اندازه‌گیری قرار گرفتند (Hassanzad Navroodi and Safarkar, 2019).

این نکته نیز ضروری است که هنگام شمارش درخت یا زادآوری، مقدار عددی برای تمامی قطعه نمونه یا ریزقطعه نمونه‌های بدون گونه مورد بررسی، برابر با صفر منظور شده و از آنجا که هدف برآورد تراکم بوده است، مقادیر صفر در محاسبات شرکت کرده‌اند.

اندازه‌گیری‌های جانبی شامل ارتفاع بر حسب سانتی متر (با خطکش یا شاخص مدرج بسته به اندازه نهال و تا دقت ۰/۵ سانتی متر)، قطر یقه بر حسب میلی متر (با کولیس تا دقت ۰/۵ میلی متر) و قطر تاج بر حسب سانتی متر (با خطکش تا دقت ۰/۵ سانتی متر) بود و به منظور آگاهی از ابعاد نهال‌های موجود در جنگل انجام شد. لازم به ذکر است که شعاع قطعه نمونه پس از اندازه‌گیری شیب قطعه نمونه با شیب-سنج ستو در نقاط شیب‌دار مورد اصلاح قرار گرفت. در هر قطعه نمونه یک ترانسکت به عرض ۰/۲

متر (۰/۱ متر در هر طرف متر نواری) و طول ۱۰ متر از مرکز قطعه نمونه به سمت آزیموت صفر درجه مشخص (شکل ۲) و کلیه نهال‌های گیلاس وحشی که در فاصله کمتر از ۰/۱ متر از محور آن قرار داشتند مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند (Hessenmoller et al., 2013). از آنجا که انتخاب قطعه‌ای از منطقه به‌عنوان شاهد نمی‌تواند به‌عنوان معرف تمامی ناهمگنی‌های جنگل در نظر گرفته شود، تعداد ۱۰ قطعه نمونه از ۵۰ قطعه نمونه مشخص شده روی نقشه، به صورت تصادفی منظم (قطعه نمونه نخست با قرعه‌کشی و دیگر قطعات نمونه به صورت پنج تا در میان) انتخاب

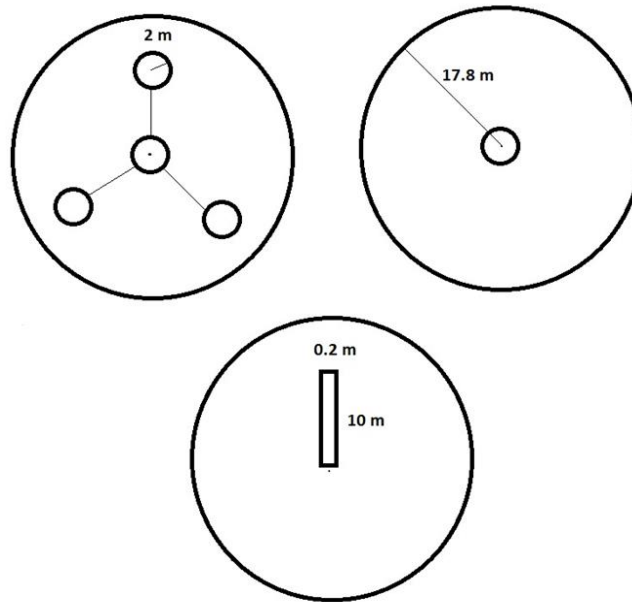
درصد متغیر است. اقلیم منطقه به روش دومارتن، سرد تعیین شده که البته در ارتفاعات پایین حوزه، از شرایط معتدل و مرطوب برخوردار است. این جنگل به صورت پهن‌برگ آمیخته بوده و شامل گونه‌های ممرز، انجیلی، گیلاس وحشی و تک پایه‌های بلوط است (Tarrahan Sabz Albors, 2003).

روش پژوهش

ابتدا جنگل گردشی انجام و پارسل‌های دو، سه و چهار به مساحت ۱۷۱ هکتار که دارای درختان مادری و زادآوری طبیعی گیلاس وحشی بودند، انتخاب شد. سپس نقشه توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ از شرکت شفارود تهیه و محدوده سه پارسل روی آن مشخص شد. یک شبکه تصادفی-منظم به ابعاد ۲۰۰×۱۵۰ متر که محل تلاقی اضلاع آن قطعات نمونه را مشخص می‌کرد، روی کاغذ میلی متری مشخص و با کمک یک نقطه تصادفی، نقشه منطقه روی آن قرار گرفت. قطعات نمونه روی نقشه مشخص شده، فاصله و آزیموت یکی از قطعات نمونه از دوراهی جاده موجود در نزدیکی یکی از پارسل‌ها اندازه‌گیری و برای بازیابی قطعه نمونه در جنگل یادداشت شد. در جنگل با مترکشی و ضمن تصحیح شیب، در آزیموت از پیش تعیین شده حرکت کرده و محل اولین قطعه نمونه مشخص شد. با توجه به توپوگرافی منطقه و تغییرات ارتفاعی آن، مسیرهای آماربرداری به صورت شمالی-جنوبی تعیین و برای اعضای اکیپ تشریح شد. هر ۱۵۰ متر در جهت شیب و هر ۲۰۰ متر در جهت خطوط تراز (فاصله افقی) قطعات نمونه دایره‌ای به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع برداشت شد. در هر قطعه نمونه یک ریزقطعه نمونه به شعاع دو متر در مرکز قطعه نمونه (روش متداول در سازمان جنگل‌ها) و سه ریزقطعه نمونه با زاویه ۱۲۰ درجه نسبت به یکدیگر در آزیموت‌های صفر، ۱۲۰ و ۲۴۰ هریک به شعاع دو متر

عریض و ۲۰۰ ریزقطعه‌نمونه برداشت و داده‌ها برای تجزیه و تحلیل آماده شد.

و کلیه نهال‌های گیلاس وحشی در سطح آن‌ها شمارش و میانگین حاصل به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شد. در مجموع ۵۰ قطعه نمونه، ۵۰ ترانسکت



شکل ۱- روش ریزقطعه‌نمونه منفرد به‌عنوان روش متداول در سازمان جنگل‌ها (بالا سمت راست)، ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای به‌عنوان روش متداول در ایالات متحده (بالا سمت چپ) و ترانسکت عریض (پایین)

Figure 2. Single-microplot as common method in Iranian Forest Agency (top right), cluster-microplot as a common method in the United States (top left) and wide transect (bottom)

واقعیت (رابطه ۲) به‌عنوان معیار مقایسه صحت روش‌های نمونه‌برداری استفاده شد (Zobeyri, 2007).

رابطه (۱)

$100 \times (\text{میانگین} / \text{اشتباه نمونه‌برداری}) = \text{درصد اشتباه نمونه‌برداری}$

رابطه (۲)

$100 \times [(\text{واقعیت} / \text{واقعیت} - \text{برآورد})] = \text{درصد صحت}$

ذکر این نکته لازم است که در تحلیل آماری، روش‌های مورد مقایسه به‌عنوان گروه‌های مستقل در نظر گرفته شده و از این‌رو از نظر آماری تفاوت مساحت آن‌ها بلامانع است. رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel و تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 21 انجام شد.

نتایج

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا آماره‌های توصیفی مشخصه‌های تراکم بر حسب اصله در هکتار، مساحت تاج بر حسب متر مربع، قطر یقه بر حسب میلی‌متر و ارتفاع نهال‌ها بر حسب سانتی‌متر محاسبه شد. برای بررسی اختلاف روش‌های نمونه‌برداری با شاهد پس از بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و انجام تبدیل لگاریتمی به‌علت نرمال نبودن، از آزمون t تک نمونه استفاده شد. به‌منظور بررسی اختلاف سه روش مورد بررسی، از آزمون تجزیه واریانس و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد. همچنین از درصد اشتباه نمونه‌برداری (رابطه ۱) به‌عنوان معیار مقایسه دقت و از فاصله برآوردهای انجام شده با

در جدول ۱ آماره‌های توصیفی تراکم زادآوری، به-
عنوان متغیر اصلی مورد بررسی در این تحقیق و
همچنین ویژگی‌های کمی نهال‌های گیلان وحشی
آمده است. با توجه به نبودن زادآوری در برخی از
ریزقطعه‌نمونه‌ها و تنوع ابعاد نهال‌های مورد اندازه-
گیری، مقدار اشتباه معیار قابل توجه بوده است.

جدول ۱- آماره‌های توصیفی نمایه‌های زادآوری

Table 1- Descriptive statistics of the studied variables about regeneration

بیشینه Maximum	کمینه Minimum	اشتباه معیار Standard error	میانگین Mean	تعداد نمونه Sample size	نمایه Index
5573.25	0.000	76.41	959.4	200	تعداد در هکتار Density (plant.ha ⁻¹)
128.5	2	2.22	17.62	108*	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)
21.00	1.00	0.30	3.02	108	قطر یقه (میلی‌متر) Collar diameter (mm)
0.1625	0.00018	0.002	0.0106	108	مساحت تاج (متر مربع) Crown area (m ²)

*در دیگر ریزقطعه‌نمونه‌ها زادآوری گیلان وحشی وجود نداشت.

Tere was no regeneration in other microplots

دارای اریبی مثبت بوده و تراکم را بیشتر از مقدار
واقعی برآورد کردند. در این میان روش ریزقطعه‌نمونه
خوشه‌ای بیشترین صحت (کمترین فاصله تا مقدار
واقعی) و روش ترانسکت کمترین صحت (بیشترین
فاصله تا مقدار واقعی) را در برآوردها داشتند (جدول
۲).

آماره‌های توصیفی نمایه تراکم زادآوری برای سه
روش نمونه‌برداری، در جدول ۲ آمده است. مقدار
خطا در روش میکروقطعه نمونه خوشه‌ای حداقل و در
روش ترانسکت حداکثر بود (جدول ۲). روش
میکروقطعه نمونه منفرد نیز در حدوسط قرار داشت. از
نظر صحت برآوردها هر سه روش ریزقطعه‌نمونه
منفرد، ترانسکت عریض و ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای،

جدول ۲- آماره‌های توصیفی نمایه تراکم زادآوری در هکتار

Table 2 - Descriptive statistics of regeneration density per hectare

صحت (درصد) Accuracy (%)	خطا (درصد) Error (%)	بیشینه Max	کمینه Min	انحراف معیار Standard deviation	میانگین Mean (plant.ha ⁻¹)	روش Method
51.70	26.45	3980.89	0.00	1161.7	1242.04	ریزقطعه‌نمونه منفرد Single microplot
15.72	18.69	2587.58	0.00	626.29	947.45	ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای Clustered microplot
111.74	45.62	6666.67	0.00	2796.17	1733.33	ترانسکت Transect
					818.7	مقدار واقعی Control

نتایج آزمون t تک نمونه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین روش‌های نمونه‌برداری ترانسکت و ریزقطعه‌نمونه منفرد با شاهد (۸۱۸/۶ پایه در هکتار) وجود دارد در حالی که روش ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای از نظر آماری اختلافی با شاهد در سطح پنج درصد نداشت (جدول ۳).

جدول ۳- نتیجه آزمون t برای مقایسه آماری تراکم برآوردی توسط روش‌های نمونه‌برداری با مقدار واقعی

Table 3- One-sample t-test for comparing estimated density by sampling methods and real density

روش	برآورد	شاهد	معنی‌داری	آماره آزمون
Method	Estimation	Control	P-value	t
ریزقطعه‌نمونه منفرد Single microplot	1242.04		0.013	2.581*
ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای Clustered microplot	947.45	818.7	0.150	1.462 ^{ns}
ترانسکت عریض Transect	1733.33		0.025	2.315*

شکل ۲ مقایسه روش‌های نمونه‌برداری را با یکدیگر نشان می‌دهد. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، بین روش‌های ریزقطعه‌نمونه منفرد و روش ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، اما روش ترانسکت عریض تراکم را خیلی بیشتر از روش‌های مبتنی بر ریزقطعه‌نمونه برآورد کرده است.

نتایج آزمون تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف سه روش در برآورد تراکم از نظر آماری معنی‌دار است (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین روش ریزقطعه‌نمونه منفرد و ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای وجود ندارد، اما روش ترانسکت به‌طور معنی‌داری متفاوت از دو روش دیگر است.

جدول ۴- مقایسه آماری سه روش نمونه‌برداری در برآورد تراکم زادآوری

Table 4 - Statistical comparison of three sampling methods in estimating regeneration density

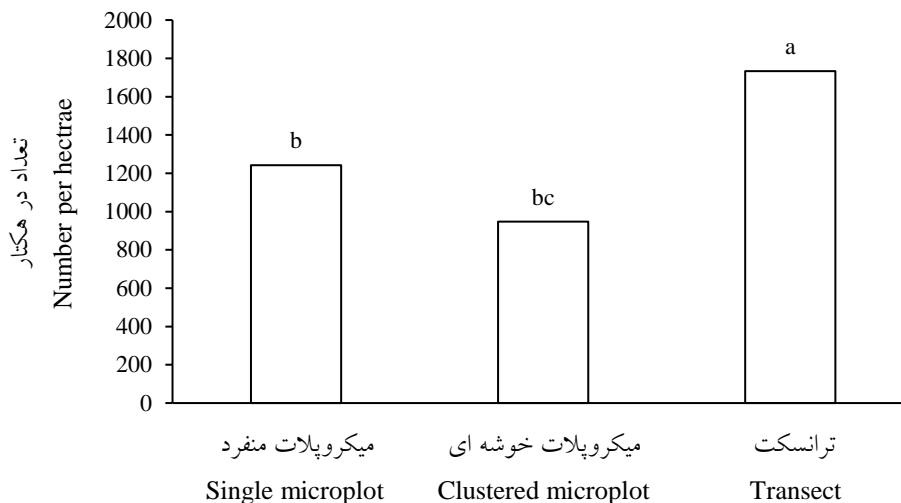
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	معنی‌داری
Sources of variations	df	Mean squares	p-value
روش نمونه‌برداری Sampling method	2	15.21	0.000
خطا error	147	1.76	

اجرای، برای ارزیابی زادآوری گیلاس وحشی به‌عنوان یک گونه نادر، مورد آزمون قرار گیرد. در این پژوهش، مقدار انحراف معیار قابل توجه بود که دلیل آن مشخص‌نکردن مرز برای شمارش و اندازه‌گیری نهال‌ها است. در واقع تمامی نهال‌ها با هر سن و ابعاد مورد

بحث
در تحقیق پیش‌رو، برخی روش‌های نمونه‌برداری برای بررسی تراکم نهال‌های گیلاس وحشی در جنگل‌های شفاورد در استان گیلان مورد ارزیابی گرفته و تلاش شد تا دقت و صحت روش متداول در کارهای

2018). در هر صورت انحراف معیار روش ریزقطعه نمونه خوشه‌ای، بسیار کمتر از ریزقطعه‌نمونه منفرد به‌عنوان روش متداول در آماربرداری جنگل محاسبه شد.

اندازه‌گیری قرار گرفته‌اند. به‌علاوه این یک بررسی تک‌گونه بوده و فقط نهال‌های گیلاس مورد بررسی قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است که نهال‌های این گونه پراکنش کپه‌ای داشته و عموماً وابسته به روشنه‌های ایجاد شده در تاج‌پوشش جنگل هستند (Yegandoost,



شکل ۳- مقایسه روش‌های مختلف نمونه‌برداری با یکدیگر در برآورد تراکم

Figure 3. Comparison of estimated density by different sampling methods together

برای استقرار است. در پژوهش Hessemoller et al. (2013) اگرچه به سرعت زیاد روش ترانسکت بهینه-سازی شده، در بررسی زادآوری اشاره شد، اما تأکید شد که ریزقطعه‌نمونه، زادآوری جنگل را چه در توده-های پهن‌برگ و چه سوزنی‌برگ، در هر دو مجموعه داده‌های واقعی و شبیه‌سازی‌شده، به‌صورت همگن-تری نشان می‌دهد. در یک پژوهش، Unger et al. (2014) تلاش کردند تا با ترکیب روش‌های مختلف نمونه‌برداری فاصله‌ای، روش جدیدی ابداع و برآورد صحیح و دقیق از زادآوری درختان جنگلی به‌دست بیاورند. نتایج آن‌ها نشان داد که این روش، به‌طور صحیح تراکم زادآوری را در جمعیت‌های با الگوی پراکنش تصادفی برآورد کرده اما برآوردهای آن نسبت به ریزقطعه‌نمونه‌های ۴/۰۵ متر مربعی متغیرتر بود. در

نتایج این تحقیق نشان داد که در منطقه مورد بررسی، از نظر صحت برآوردها، هر سه روش ریزقطعه‌نمونه منفرد، ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای و ترانسکت عریض، تراکم را بیش از مقدار واقعی برآورد کردند. در این میان روش ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای بیشترین صحت (۱۵/۷ درصد) و روش ترانسکت کمترین صحت (۱۱۱/۷ درصد) را در برآورد تراکم داشت. فاصله زیاد روش ترانسکت با مقدار واقعی، بیانگر آن است که استفاده از این روش برای بررسی زادآوری گونه‌های نادر همچون گیلاس وحشی، مناسب نیست. ذکر این نکته ضروری است که، اعداد و ارقام به‌دست‌آمده در این پژوهش، حاصل از بررسی زادآوری تک‌گونه، و آن هم گونه‌ای نادر و نورپسند هستند که زادآوری آن تابع شرایط خاصی

نمونه‌برداری کمتر خواهد بود. در تحقیق Erfani-Fard and Zobeiri (2003) برای بررسی زادآوری گونه راش، اشتباه نمونه‌برداری ۲۲/۹ درصد برای یک ریزقطعه نمونه و ۳۰/۵ درصد برای چهار ریزقطعه نمونه به دست آمد. در مقایسه، در تحقیق پیش رو مقدار اشتباه نمونه‌برداری برای یک ریزقطعه نمونه ۲۶/۴ درصد و برای چهار ریزقطعه نمونه با الگوی خوشه‌ای ۱۸/۷ درصد بود. خاطر نشان می‌سازد که در تحقیق پیش رو، گونه گیلاس وحشی به عنوان گونه کمیاب مدنظر بوده در حالی که گونه راش سهم اصلی را در ترکیب راشستان‌های شمال داشته و زادآوری متراکم و فراوان در واحد سطح دارد.

مقایسه آماری نشان داد که در برآورد تراکم زادآوری، بین روش‌های نمونه‌برداری ترانسکت عریض و ریزقطعه‌نمونه منفرد با مقدار شاهد (تراکم واقعی) اختلاف معنی‌داری وجود دارد، در حالی که روش ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای اختلافی با شاهد نداشت. بر این اساس باید گفت تعداد یک ریزقطعه-نمونه در هر قطعه نمونه، دقت کافی برای بررسی زادآوری تک‌گونه، به‌ویژه گونه‌های نادری مانند گیلاس وحشی نداشته و لازم است زادآوری در بیش از یک ریزقطعه‌نمونه مورد بررسی قرار گیرد. در تحقیق Erfani-Fard and Zobeiri (2003) در خصوص شکل مناسب ریزقطعه‌نمونه برای بررسی زادآوری گونه راش (*Fagus orientalis L.*) در شمال ایران، مشخص شد که شکل چهارگوش برای ریزقطعه نمونه نتایج صحیح‌تری نسبت به شکل دایره ارائه می‌دهد. همچنین بیان شد که برداشت چند ریزقطعه نمونه دایره‌ای به صورت خوشه‌ای، نسبت به یک ریزقطعه‌نمونه نتایج بهتری دارد، اگرچه مستلزم صرف زمان بیشتر در کار میدانی است.

الگوی کپه‌ای، روش مذکور تراکم زادآوری را بیش از حد تخمین زده و نسبت به روش نمونه‌برداری با ریزقطعه‌نمونه دقت کمتری داشت. بررسی نشان داد که برای رسیدن به دقت یکسان تعداد نمونه در این روش حداقل باید ۱۰ برابر شود. این نتیجه، برتری روش ریزقطعه‌نمونه را بر دیگر روش‌ها مانند ترانسکت نشان می‌دهد.

تعداد ریزقطعه‌نمونه در هر قطعه نمونه بستگی به هدف از آماربرداری و همچنین نوع جنگل مورد بررسی دارد. به عنوان مثال Gama et al. (2015) در تحقیق خود تلاش کردند تا تعداد و اندازه مناسب ریزقطعه‌نمونه را برای برآورد زادآوری جنگل‌های آمازون مشخص کنند. نتایج آن‌ها نشان داد که برای برآورد مناسب در خصوص تنوع فلورستیک زادآوری، باید مساحت قطعه نمونه حداقل ۷۰ متر مربع بوده و در آن حداقل باید ۱۴ ریزقطعه‌نمونه برداشت شود. ارزیابی‌های انجام شده توسط McWilliams et al. (2005) در ایالات متحده و بررسی واریانس برآوردها هنگام استفاده از ۴ تا ۱۶ ریزقطعه‌نمونه در هر قطعه نمونه، نشان داد که استفاده از چهار ریزقطعه‌نمونه در هر قطعه نمونه، برای برآورد تراکم زادآوری جنگل کافی است. در برآورد زادآوری گونه‌های نادر مثل گیلاس وحشی با توجه به نتایج این پژوهش، به نظر می‌رسد که برداشت چهار ریزقطعه‌نمونه کافی است. البته افزایش تعداد ریزقطعه‌نمونه زمان نمونه‌برداری را افزایش خواهد داد و تصمیم در این مورد نیازمند بررسی زمانی و در نظر گرفتن توأم خطا و هزینه است. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد از نظر اشتباه نمونه‌برداری، روش ریزقطعه‌نمونه خوشه‌ای دارای خطای کمتر (دقت بیشتر) است. مطابق انتظار با توجه به این که در هر قطعه نمونه تعداد چهار ریزقطعه-نمونه برداشت می‌شود، تعداد نمونه زیادتر و خطای

اختصاص داده و با همان تعداد نیروی انسانی قابل اجرا است اما در مقابل، دقت و صحت بیشتری در برآورد تراکم زادآوری دارد. باتوجه به شرایط فعلی جنگل‌های شمال و اهمیت گونه‌های جنگلی نادر مانند گیلاس وحشی، در کارهای اجرایی برداشت تعداد ریزقطعه‌نمونه بیشتری در هر قطعه نمونه ضروری به نظر می‌رسد. این رویه در بسیاری از کشورها مانند ایالات متحده مرسوم بوده و مورد تأیید سازمان خوار و بار جهانی نیز قرار دارد. اگرچه برداشت بیش از یک ریزقطعه‌نمونه مستلزم صرف وقت و هزینه بیشتر است، اما با توجه به اهمیت بومشناختی و حتی اقتصادی گونه‌های نادری مانند گیلاس وحشی، صرف این وقت و هزینه دارای توجیه است. به‌علاوه این که در مورد گونه‌های فراوان نیز نتایج نزدیک‌تر به واقعیت و با صحت بیشتر به‌دست خواهد آمد.

References

- Alizadeh, S.H.; Salehi, A., Mirzaei, M.R., The efficiency of geostatistical methods in zoning the probability of presence of Persian Oak regeneration. *Journal of Forest Research and Development* **2019**, 5 (1), 137-151. (In Persian)
- Amiri, M.; Dargahi, D., Habashi, H., Mohammadi, J., Effect of geographic situation on natural regeneration of oak (*Quercus castaneifolia* C.A. Mey) in Loveh Forest. *Journal of Pajouhesh-va-Sazandegi* **2008**, (special issue), 116-123. (In Persian)
- Azizi, M.; Khanmohammadi, M., Panahandeh, M., Investigation of structural consequences of Shafarood dam construction on forest cover of Shafarood watershed using landscape ecology. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research* **2019**, 17 (1), 1-13. (In Persian)
- Bagheri, J.; Salehi, A., Taheri Abkenar, K., Effective Factors on Regeneration Establishment and Quantitative and Qualitative Characteristics of *Pistacia atlantica* (Desf.) in different physiographic conditions (Case Study: Khojir National Park). *Ecology of Iranian Forest* **2014**, 2 (3), 1-12. (In Persian)
- Erfani-Frad, J.; Zobeiri, M., Studying about the suitable shape of sample plots for Beech regeneration in the Northern forests of Iran, XII World Forestry Congress, Quebec, Canada, 2003; 6 p.
- F.A.O., Knowledge reference for national forest assessments, 2015; 152 p.
- Gama, J. R. V.; Botelho, S. A.; de Matos Bentes-Gama, M.; Scolforo, J. R. S., PLOT SIZE AND APPROPRIATE SAMPLE SIZE TO STUDY NATURAL REGENERATION IN AMAZONIAN FLOODPLAIN FOREST. *Cerne* **2015**, 7 (2), 001-011.
- Grussu, G.; Testolin, R.; Saulei, S.; Farcomeni, A.; Yosi, C. K.; De Sanctis, M.; Attorre, F., Optimum plot and sample sizes for carbon stock and biodiversity estimation in the lowland tropical forests of Papua New Guinea. *Forestry* **2016**, 89 (2), 150-158.
- Hassanzad Navroodi, I., Study of altitude effect on abundance and composition of tree regeneration in natural forest stands of Astara. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2019**, 31 (4), 781-790.

- Hassanzad Navroodi, I.; Sadatmahaleh, H., Comparison of quantitative and qualitative characteristics in managed and unmanaged natural forest stands at district 7-Shenrood (Siahkal). *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)* **2015**, 28 (1), 103-115.
- Henttonen, H. M.; Kangas, A., Optimal plot design in a multipurpose forest inventory. *Forest Ecosystems* **2015**, 2 (1), 1-14.
- Hessenmöller, D.; Elsenhans, A.; Schulze, E. D., Sampling forest tree regeneration with a transect approach. *Annals of Forest Research* **2013**, 56 (1), 3-14.
- Hu, H.; Wang, G. G.; Bauerle, W. L.; Klos, R. J., Drought impact on forest regeneration in the Southeast USA. *Ecosphere* **2017**, 8 (4), e01772.
- Khanjani Shirazi, B.; Talebi, K.; Hemmati, A., Ecological and silvicultural characteristics of wild cherry (*Prunus avium* L.) in Guilan province. *Iranian Journal of Forest* **2013**, 4 (4), 365-376.
- Khosrowpour, E.; Heidari, M., Etemad, V., Quantitative and qualitative status of regeneration of trees in enclosure and non-irrigated part of Shadi Bagh Forest Case Study: Yazd, Regional Knowledge-Based Conference on Sustainable Management of Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2011; 7 p. (In Persian)
- Lynch, T. B., Optimal plot size or point sample factor for a fixed total cost using the Fairfield Smith relation of plot size to variance. *Forestry: An International Journal of Forest Research* **2016**, 90 (2), 211-218.
- Maleki, K.; Kiviste, A., Effect of sample plot size and shape on estimates of structural indices: A case study in mature silver birch (*Betula pendula* Roth) dominating stand in Järvelja. *Forestry Studies* **2015**, 63 (1), 130.
- Malekshahi, M.; Etemad, V., Moradi, M., Quantitative and qualitative investigation of forest stands regeneration after ten years of implementing of forestry plan (Case Study: Babol-Kenar Forests), 2nd International Conference on Sustainable Development, Solutions and Challenges Focusing on Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism, 2015; 4 p. (In Persian)
- McWilliams, W.H.; Bowersox, T.W., Brose, P.H., Devlin, D.A., Finley, J.C., Gottschalk, K.W., Horsley, S., King, S.L., LaPoint, B.M., Lister, T.W., McCormick, L.H., Miller, G.W., Scott, Ch.T., Steele, H., Steiner, K.C., Stout, S.L., Westfall, J.A., White, R.L., Measuring Tree Seedlings and Associated Understory Vegetation in Pennsylvania's Forests. In: McRoberts, Ronald E.; Reams, Gregory A.; Van Deusen, Paul C.; McWilliams, William H.; Cieszewski, Chris J., eds. Proceedings of the fourth annual forest inventory and analysis symposium; Gen. Tech. Rep. NC-252. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station, 2005; p. 21-26.
- Mirschel, F.; Zerbe, S.; Jansen, F., Driving factors for natural tree rejuvenation in anthropogenic pine (*Pinus sylvestris* L.) forests of NE Germany. *Forest ecology and management* **2011**, 261 (3), 683-694.
- Mohammadzadeh, A.; Bagheri, F., Torahi, A.A., Moallemi, N., Investigation of natural regeneration of shisham reservery in khuzistan provience. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2016**, 23 (2), 65-79. (In Persian)
- Mollashahi, M.; Hosseini, S. M.; Naderi, A., Effect of seed provenances on germination, height and diameter growth of wild cherry (*Prunus avium* L.) seedlings. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2009**, 17 (1), 107-115.
- Moradi Dirmandrik, SH.; Ramezani Kakroudi, E., Alijanpour, A., Banj Shafiei, A., Quantitative and qualitative characteristics of Arasbaran Forest Protected Area in slope gradient classes. *Journal of Forest Research and Development* **2019**, 1 (1), 1-15. (In Persian)
- Omidi, H.; Mirzaei, J., The Effects of Some Environmental Factors on Natural Regeneration of Trees and Shrubs Species in Zagros Forests (Case Study: Forest of Baye, Ilam). *Journal of Zagros Forests Researches* **2015**, 2 (1), 93-104.
- Pellico Netto, S. P.; Tello, J. C. R.; Wandresen, R. R., Size and shape of sample units in native forests and plantations. *Open Journal of Forestry* **2014**, 2014.
- Shahriari, GH.; Zarin Kafsh, M., Kia Lashaki, A., Babaei Kafaki, S., Ecological investigation (relation between tree and soil) of three natural sites of wild cherry in the forests of northern Iran. *Journal of*

- Agricultural Sciences* **2007**, 13 (2), 367 - 384. (In Persian)
- Shiranpour, B.; Tabari, M.; Hossini, S.; Rezaee, A., Effect of moisture regulation method on viability of wild cherry seeds and determination of its threshold drought tolerance. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2012**, 20 (3), 514-523.
- Tarrahan Sabz Alborz., Review plan of Chafrood basin, district seven, Guilan Department of Natural Resources, Shafarood Forestry Corporation, 2003; 850 p. (In Persian)
- Unger, D.; Stovall, J. P.; Oswald, B. P.; Kulhavy, D.; Hung, I., A test of the mean distance method for forest regeneration assessment. **2014**.
- Vousoghian, A.; Shojaishami, A., Investigation of structure and regeneration of forest trees in logged and non-logged (Case of study: Darabkola Forest of Sari). *Journal of Natural Ecosystems of Iran* **2017**, 7 (4), 69-81. (In Persian)
- Windmuller-Campione, M. A.; Long, J. N., Limber pine (*Pinus flexilis* James), a flexible generalist of forest communities in the intermountain west. *PLoS One* **2016**, 11 (8), e0160324.
- Yegandoost, K., Determining suitable method for investigating the regeneration of wild Cherry (*Prunus Avium* L.), Master thesis, Faculty of Natural Resources, Yazd University, 2018; 66 p. (In Persian)
- Zobeyri, M., 2007. Forest biometrics, University of Tehran Press, Tehran, 416 p. (In Persian)

Evaluating the microplot method to estimating the regeneration density of wild cherry (*Prunus avium* L.)

K. Yegandoost¹ and B. Kiani^{*2}

1- M.Sc. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran. (kiyan.yegandoost138@gmail.com)

2- Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, I. R. Iran. (bnkiani@yazd.ac.ir)

Received: 06.09.2020 Accepted: 05.12.2020

Abstract

The aim of this study was to investigate the accuracy and precision of single microplot method in estimating the regeneration of wild cherry and introducing an alternative method. For this purpose, after a primary survey, three parcels in district-7 from Shafarood basin, which had mother trees and wild cherry regeneration, were selected. A total of fifty circular plots were taken randomly, in a 150×200 m grid, each 1000 m² area. Four microplots were measured at a radius of 2 m and all the cherry seedlings were counted. A transect, 0.2 m wide and 10 m long was laid in each plot and all of the cherry seedlings under 1.3 m height were counted. In an area of 10,000 m², including 10 randomly selected plots, all wild cherry seedlings were counted and calculated density was considered as control. Based on the results, the sampling error in the clustered-microplot method was minimal (18.69%) and in the transect method was maximum (45.62%). In terms of the accuracy, the clustered-microplot method had the highest accuracy (15.72%) and transect method had the least accuracy (111.74%) in density estimates. One-sample t-test showed that there is a significant difference between transect and single-microplot methods with the control in 5% confidence level, while the clustered-microplot was not statistically different. It can be said that the clustered-microplot method is more superior to single-microplot method and is preferable for accurate and precise estimation of regeneration for rare specieses like wild cherry.

Keywords: Plot, regeneration, sampling, seedling, Shafarood.

* Corresponding author

Tel: +989139144256

دانش سنتی جنگل نشینان زاگرس در ارتباط با ارزش های دارویی گیاهان چوبی و علفی (پژوهش موردی: جنگل های خرم آباد، استان لرستان)

مهدی پورهاشمی^{۱*}، احمد بازگیر^۲ و پریسا پناهی^۳

- ۱- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (pourhashemi@rifr-ac.ir)
- ۲- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. (ahmadbazgir58@yahoo.com)
- ۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (panahi@rifr-ac.ir)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۰۳

چکیده

گیاه مردم‌نگاری به بررسی دانش‌های سنتی مرتبط با گیاهان در جوامع محلی پرداخته و یکی از شاخه‌های مهم آن مربوط به ارزش‌های دارویی گیاهان است. با توجه به وجود جوامع محلی مختلف در جنگل‌های زاگرس و تنوع دانش‌های سنتی در این منطقه و همچنین کمبود اطلاعات موجود در این زمینه، در پژوهش پیش‌رو سعی شد دانش سنتی مرتبط با ارزش‌های دارویی گیاهان در سامان عرفی چنارکل شهرستان خرم‌آباد مطالعه شود. اطلاعات مورد نیاز با استفاده از روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی، استفاده از مطلعین کلیدی و انتخاب هدفمند جمع‌آوری شد. براساس نتایج، ۴۴ گونه چوبی و علفی دارویی و خوراکی (به‌طور عمده میوه درختان و درختچه‌ها) در منطقه شناسایی و دانش سنتی مربوط به آنها به‌ویژه کاربرد محلی و شیوه مصرف ثبت شد. در بین اندام‌های گیاهی مورد استفاده، میوه و برگ به‌ترتیب با ۲۷ و ۲۳/۵ درصد بیشترین سهم را داشتند. بیست گونه فقط استفاده خوراکی داشتند، در حالی که گیاهانی که فقط مصرف دارویی داشتند، نه گونه بودند. بیست و چهار گونه (۵۴/۵ درصد) به‌صورت خام استفاده می‌شدند که عمده آنها یا میوه‌های خوراکی جنگلی مانند بنه و خینجوک بودند و یا مانند آب‌تره و پرسیاوش به‌صورت سبزی کاربرد داشتند. نتایج این پژوهش تأیید کرد که جوامع محلی به‌خوبی با ارزش دارویی و خوراکی گیاهان بومی منطقه آشنا هستند، منتهی تلفیق دانش سنتی غنی روستائیان و عشایر با مبانی حفظ و پایداری اکوسیستم موضوعی است که باید مورد توجه جدی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارزش خوراکی، جامعه محلی، جنگل‌های زاگرس، خاصیت دارویی، گیاه مردم‌نگاری.

مقدمه

دارای ارزش‌های دارویی و خوراکی هستند و هم به فراخور تنوع اقلیمی، جغرافیایی، فرهنگی و قومیتی، دارای جوامع محلی متعدد و پیرو آن دانش‌های سنتی مختلفی در ارتباط با ارزش‌های دارویی گیاهان است.

از سال ۱۹۷۸، سازمان بهداشت جهانی به کشورهای در حال توسعه توصیه کرد که ضمن تهیه فهرست کاملی از گیاهان دارویی کشورهای خود با ذکر ارزش دارویی، خوراکی و اثربخشی آن‌ها، به‌طور هم‌زمان در مورد روش‌های استانداردسازی مواد مؤثره آن‌ها نیز بررسی کند (Farnsworth, 1980). لازمه اجرای این فرآیند، اجرای پژوهش‌های جامع گیاه-مردم‌نگاری است که همکاری بین پژوهشگران، جوامع محلی آشنا با دانش‌های سنتی مرتبط با گیاهان و پزشکان را می‌طلبد (Sawadogo et al., 2012). گیاه-مردم‌نگاری به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخه‌های دانش‌های سنتی، اشاره به بخشی از علوم محیطی انسان دارد که به دنبال کشف روابط انسان با گیاه بوده و اطلاعات لازم را برای توسعه روستایی مبتنی بر تولید پایدار منابع گیاهی فراهم می‌کند (Focho et al., 2009). هرچند این دانش در دنیا سابقه به‌نسبت طولانی دارد (Heinrich, 2000)، اما عمر آن در داخل کشور به‌ویژه در مورد ارزش‌های دارویی و خوراکی گیاهان زیاد نیست. البته، خوشبختانه در دهه اخیر توجه برخی پژوهشگران به این مقوله معطوف شده که نتایج آن در قالب پژوهش‌های مختلفی به چاپ رسیده است. به‌عنوان نمونه می‌توان به بررسی دانش سنتی گیاهان دارویی منطقه مبارکه اصفهان (Mardaninejad et al., 2013)، حوزه آبریز شمال‌شرقی خلیج فارس (Dolatkhahi and Nabipour, 2014)، حوزه ایلگنه-چای ارسباران (Khaleghi et al., 2016)، شهرستان ایزه در شمال خوزستان (Razavi, 2015) و منطقه الموت قزوین (Kianifar et al., 2020) اشاره کرد.

بشر از روزی که خود را شناخت، با گیاهان و محیط پیرامون خود در ارتباط بود. یکی از اولین و عمیق‌ترین روابط انسان با محیط، استفاده از ارزش‌های دارویی گیاهان برای رفع نیازمندی‌های خود به‌ویژه به‌عنوان دارو بود. براساس گزارش سازمان بهداشت جهانی (WHO) برآورد می‌شود که ۸۰ درصد جمعیت کشورهای در حال توسعه برای نیازهای بهداشتی و مراقبتی خود در درجه اول به دانش سنتی گیاهان دارویی متکی هستند (Farnsworth et al., 1985; Hostettmann and Marston, 2002). اصولاً دانش‌های سنتی به‌دلیل ماهیت انتقال سینه‌به‌سینه و شفاهی اطلاعات، چند نسل را با یکدیگر مرتبط می‌کنند. این دانش امروزه به‌دلایل مختلف مانند مشکلات حافظه (بخاطر سپاری)، عدم تمایل جوان‌ترها به یادگیری این دانش و همچنین عدم اطمینان افراد مسن به جوان‌ترها در حال به‌فرااموشی سپردن است. در جوامع محلی، با درگذشت هریک از افراد مسن، بخش قابل‌توجهی از گنجینه محفوظ‌شده در ضمیر وی از بین می‌رود، بدون اینکه به نسل بعدی منتقل شود یا حداقل به‌طور کامل منتقل شود، بنابراین این زنجیره گسسته می‌شود. از سوی دیگر، تغییر سبک زندگی، مدرنیزه شدن و تغییرات شدید اقلیمی اثرات منفی بر دانش‌های سنتی گذاشته، همچنین سبب نابودی بسیاری از گونه‌های دارویی و حذف آن‌ها از چرخه زیستی شده است (Gurib-Fakim, 2006). بنابراین منابع این دانش نیز روزبه‌روز در حال کاهش است. برآورد می‌شود که از کل گیاهان گل‌دار شناسایی‌شده در جهان، بیش از ۵۰ هزار گونه هم برای انسان و هم برای دام ارزش دارویی دارند (Govaerts, 2001). ایران از کشورهای در حال توسعه‌ای است که هم فلوری بسیار غنی دارد (Asadi, 2019) که سهم قابل‌توجهی از گیاهان آن

با توجه به تأکیدات بین‌المللی به لزوم شناسایی دانش‌های سنتی، پژوهش‌های انجام‌شده در این خصوص در دیگر نقاط دنیا از مدت‌ها پیش آغاز شده و قدمتی بیش از نیم قرن دارد. از دهه ۱۹۹۰ به بعد، فراوانی پژوهش‌ها زیاد شد و دامنه گسترش آن کلیه قاره‌ها را دربر گرفت. البته، بدیهی است که قاره‌ها و کشورهای دارای تعدد جوامع محلی و پیرو آن تعدد دانش‌های سنتی، سهم بیشتری در این پژوهش‌ها دارند. از پژوهش‌های فوق می‌توان به بررسی دانش سنتی استفاده از خواص دارویی و درمانی درخت توس در رومانی (Papp et al., 2014)، دانش بومی گیاهان دارویی در منطقه Tharaka کنیا (Kaigongi Bizuayehu and Musil, 2015)، اتیوپی (and Boycheva, 2017)، بلغارستان (Matinova, 2018)، اندونزی (Qamariah et al., 2020) و ایالت Wardha هند (Mhaskar and Rajurkar, 2020) اشاره کرد که همگی دلالت بر غنای این دانش در مناطق مورد بررسی داشته‌اند.

جنگل‌های زاگرس یکی از رویشگاه‌های ارزشمند گیاهی ایران هستند که با وسعتی بیش از ۵/۵ میلیون هکتار به موازات رشته‌کوه زاگرس از شمال غرب تا جنوب غرب ایران در حوزه جغرافیایی ۱۱ استان گسترش دارند (Sagheb Talebi et al., 2014). آنچه این منطقه از کشور را از دیگر مناطق متمایز می‌کند، وجود قومیت‌های مختلف و تعدد فرهنگی است (Moayeri et al., 2020) که متأثر از جغرافیای این حوزه است. بلندی‌های زاگرس از دوران تمدن کاسی - ها دارای دانش‌های سنتی گسترده‌ای بوده‌اند. به‌همین دلیل، برخی پژوهشگران زاگرس را دروازه آسیا نامیده‌اند (Papzan and Hamzehei, 2006). با توجه به اهمیت شناسایی و ثبت دانش سنتی مرتبط با ارزش‌های دارویی گیاهان چوبی و علفی و کمبود

اطلاعات در این زمینه، این پژوهش به بررسی این موضوع در بخشی از جنگل‌های خرم‌آباد در استان لرستان پرداخته است. فرضیه‌های پژوهش عبارتند از: جوامع محلی منطقه مورد بررسی ارتباط عمیقی با گیاهان محیط پیرامون خود داشته و تنوع قابل‌قبولی از دانش بومی مرتبط با گیاهان دارویی در این جوامع محلی وجود دارد. همچنین، این پژوهش برای پاسخ به پرسش‌هایی شامل چه گیاهانی در منطقه مورد بررسی استفاده دارویی داشته؟، شیوه مصرف سنتی آن‌ها چگونه است؟ و چه اندام‌های گیاهی بیشترین کاربرد سنتی را دارند؟ طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سامان عرفی چنارکل با وسعت ۳۴۸۱ هکتار واقع در دهستان کاکاشرف، در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان خرم‌آباد و در منطقه‌ای جنگلی با نام عمومی کوکلا انجام شد. کوکلا نام کوهی در منطقه مورد بررسی است که از کوه‌های معروف شهرستان خرم‌آباد است. منطقه کوکلا از تنوع گیاهی قابل توجهی برخوردار است که همین تنوع زیاد گونه‌ای یکی از دلایل شهرت آن و انتخاب سامان عرفی چنارکل به‌عنوان منطقه مورد بررسی بود. دلیل دیگر، آشنایی کامل یکی از پژوهشگران با گویش محلی اطلاع‌رسانان و ارتباط نزدیک با آن‌ها بود که پذیرش پژوهشگر را در منطقه سهولت بخشید و موجب جلب اعتماد اطلاع‌رسانان شد. حداکثر و حداقل ارتفاع از سطح دریا بین ۱۵۰۰ تا ۲۶۰۰ متر، بارش سالانه ۵۰۰ میلی‌متر و متوسط سالانه درجه حرارت ۱۷/۲ درجه سانتی‌گراد است. جامعه انسانی مورد بررسی در این پژوهش، ساکنین روستاهای سامان عرفی چنارکل و عشایر ساکن در این سامان عرفی بودند. در این منطقه هشت روستا با حدود ۱۵۰

خانوار و ۷۰۰ نفر جمعیت وجود دارد. بین مردم ساکن روستا و عشایر سامان عرفی آن که از ایل پایی هستند، رابطه نزدیکی برقرار است به گونه‌ای که با یکدیگر پیوندهای نسبی و سببی دارند. ایل پایی با ۸۳۰ خانوار دومین ایل عشایری پرجمعیت شهرستان خرم‌آباد است. از این تعداد خانوار، ۲۲۴ خانوار با جمعیتی برابر با ۱۳۷۷ نفر بیلاق خود را در دهستان کاکاشرف می‌گذرانند (Statistical Center of Iran, 2009). عشایر بیلاق خود را در فصل بهار و تابستان در ارتفاعات سامان‌های عرفی یعنی در سمت جنوب آن می‌گذرانند. تعداد خانوارهای عشایری سامان عرفی چنارکل حدود ۱۵ خانوار است.

اطلاعات این پژوهش در بازه زمانی سه‌ماهه (از شهریور ۱۳۹۸ تا اواخر آبان ۱۳۹۸) توسط یک پژوهشگر جمع‌آوری شد. ابزار گردآوری اطلاعات، مصاحبه‌های ساختارنیافته و نیمه‌ساختاریافته، مشاهده مستقیم و مشاهده مشارکتی بود. مصاحبه‌های اولیه به صورت ساختارنیافته و با افراد مختلف به صورت انفرادی (شش مصاحبه) و گروهی (سه مصاحبه) انجام شد و از آن‌ها اطلاعات کلی و اولیه‌ای در مورد موضوع پژوهش و افراد آگاه کلیدی به دست آمد. پس از مصاحبه‌های ساختارنیافته، جوانب مختلف دانش بومی روستاییان در مورد گیاهان مشخص شد و از این طریق پرسش‌های پژوهش به شکل مشخص تری طراحی شد تا تشکیل‌دهنده مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته بعدی باشند. مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با افراد کلیدی به روش نمونه‌برداری گلوله‌برفی (Snowball sampling) انجام شد. انتخاب افراد به این صورت بود که پژوهشگر پس از انجام مصاحبه با فرد اطلاع‌رسان به پیشنهاد این فرد به سراغ دیگر افراد اطلاع‌رسان مطلع می‌رفت. اطلاع‌رسانان منتخب در واقع افراد علاقمند، افراد مطلع، افراد مسن و چوپانان بودند. در مجموع، ۷۵

اطلاع‌رسان در قالب ۴۲ مصاحبه با متوسط یک ساعت و ۳۲ دقیقه برای هر مصاحبه در این پژوهش شرکت کردند. چهارده مصاحبه به شکل گروهی (چهار مصاحبه با عشایر) و ۲۸ مصاحبه به شکل فردی (هفت مصاحبه با عشایر) انجام شد. اطلاع‌رسانان شش نفر زن و ۶۹ نفر مرد با دامنه سنی ۱۲۰-۱۳ سال و متوسط سن ۴۰ سال بودند. اطلاعات مصاحبه‌ها از طریق یادداشت‌برداری‌های مختصر در عرصه ثبت می‌شد و همان روز یا روز بعد آن اطلاعات پاک‌نویس و مفصل‌تر نگارش می‌شد تا موارد به‌طور کامل ثبت شوند. در حین پاک‌نویس کردن اطلاعات، برخی نواقص اطلاعات مشخص می‌شد که یادداشت می‌شدند تا دوباره مورد پرسش قرار گیرند. همچنین، برخی پرسش‌های جدید نیز پیش می‌آمد که یادداشت می‌شدند تا تشکیل‌دهنده پرسش‌های مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته بعدی باشند. قابل ذکر است که به منظور اعتبار بخشیدن به اطلاعات به دست آمده، علاوه بر اینکه اطلاعات چندین بار توسط اطلاع‌رسانان مختلف بیان می‌شد، در برخی موارد اطلاعات به دست آمده از مصاحبه‌ها با اطلاع‌رسانان در میان گذاشته می‌شد. مصاحبه‌ها در پی دستیابی به اطلاعاتی در ارتباط با گیاهان مورد استفاده شامل نام محلی، اندام مورد استفاده گیاه، خاصیت دارویی سنتی، زمان جمع‌آوری و شیوه مصرف سنتی بود.

برای شناسایی و آشنایی با گیاهان مورد استفاده در منطقه ابتدا نام‌های محلی گیاهان مورد پرسش قرار گرفت، سپس برای شناسایی گیاهان به‌ویژه گونه‌هایی که برای پژوهشگر ناشناخته بود، همراه با یک فرد محلی به عرصه مراجعه می‌شد تا گیاهان مورد شناسایی قرار گیرند. قابل ذکر است که پژوهشگر با توجه به اطلاعاتی که از پیش داشت با بسیاری از گونه‌های گیاهی محلی منطقه آشنایی داشت که سبب

های Asteraceae (پنج گونه و ۱۱ درصد) و Lamiaceae (چهار گونه و نه درصد) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. گیاهان علفی چندساله (۱۸ گونه و ۴۰/۹ درصد) و درختی (۱۱ گونه و ۲۵ درصد) بیشترین سهم را در بین گیاهان مورد بررسی داشتند. گیاهان علفی یک‌ساله و آبی نیز هریک با یک گونه (۲/۳ درصد) کمترین مشارکت را در ترکیب گونه‌ای داشتند. همچنین، فانروفیت‌ها با ۱۷ گونه (۳۸/۶ درصد) و همی‌کریپتوفیت‌ها با ۱۳ گونه (۲۹/۵ درصد) فرم غالب رویشی بودند. در نقطه مقابل، هیدروفیت‌ها و کامفیت‌ها هریک با یک گونه (۲/۳ درصد) کمترین سهم را داشتند (شکل ۱).

فصل بهار، فصل جمع‌آوری ۱۹ گونه (۸۶/۴ درصد) از ۲۲ گونه گیاه علفی (یکساله، دوساله و چندساله) بود. از ۴ گیاه با فرم زیستی پیاز چندساله، ۳ گونه (۷۵ درصد) در فصل بهار و ۱ گونه (۲۵ درصد) در فصل تابستان برداشت می‌شد. همچنین، تمام گونه‌های درختی در فصل تابستان و پاییز برداشت می‌شدند. از ۶ گونه درختچه‌ای، ۳ گونه در فصل تابستان، ۲ گونه در فصل بهار و تابستان و ۱ گونه در فصل بهار برداشت می‌شد. به عبارتی می‌توان گفت که تابستان فصل برداشت ۵ گونه (۸۳/۳ درصد) از درختچه‌ها بود.

در بین اندام‌های گیاهی مورد استفاده، میوه، برگ و ساقه به ترتیب با ۲۷ درصد، ۲۳/۵ درصد و ۱۳ درصد بیشترین سهم را داشتند. ۲۰ گونه فقط استفاده خوراکی داشتند، در حالی که گیاهانی که فقط مصرف دارویی داشتند، ۹ گونه بودند و ۱۳ گونه نیز هم مصرف خوراکی داشتند و هم دارویی. ۲ گونه به نام‌های سنبل بیابانی (*Eremostachys laevigata*) و دافنه (*Daphne mucronata*) نیز فقط به صورت صنعتی استفاده می‌شدند. ۲۴ گونه (۵۴/۵ درصد)

سهولت شناسایی گیاهان می‌شد. گونه‌های شناسایی شده اغلب درختی، درختچه‌ای و علفی چندساله بودند، بنابراین برای شناسایی در فصل بهار و تابستان نیز در عرصه جنگلی و مرتعی وجود داشتند. تنها تعداد محدودی از گونه‌های علفی فقط در فصل بهار رویش داشتند که پژوهشگر با نشان دادن عکس آن‌ها به چند اطلاع‌رسانان محلی از شناسایی آن‌ها اطمینان حاصل می‌کرد. در موارد اندکی که شناسایی گیاهان برای پژوهشگر امکان‌پذیر نبود، با نمونه‌برداری و عکس‌برداری و کمک گرفتن از گیاه‌شناسان خبره، گونه‌ها شناسایی شدند. پس از شناسایی گیاهان اطلاعاتی که از افراد محلی به دست آمد، مواردی شامل نام‌های علمی و فارسی، فرم رویشی و پراکنش اکولوژیکی نیز با استفاده از منابع علمی معتبر (Sabeti, 2009, 2013, Mozaffarian, 2009) ثبت شدند.

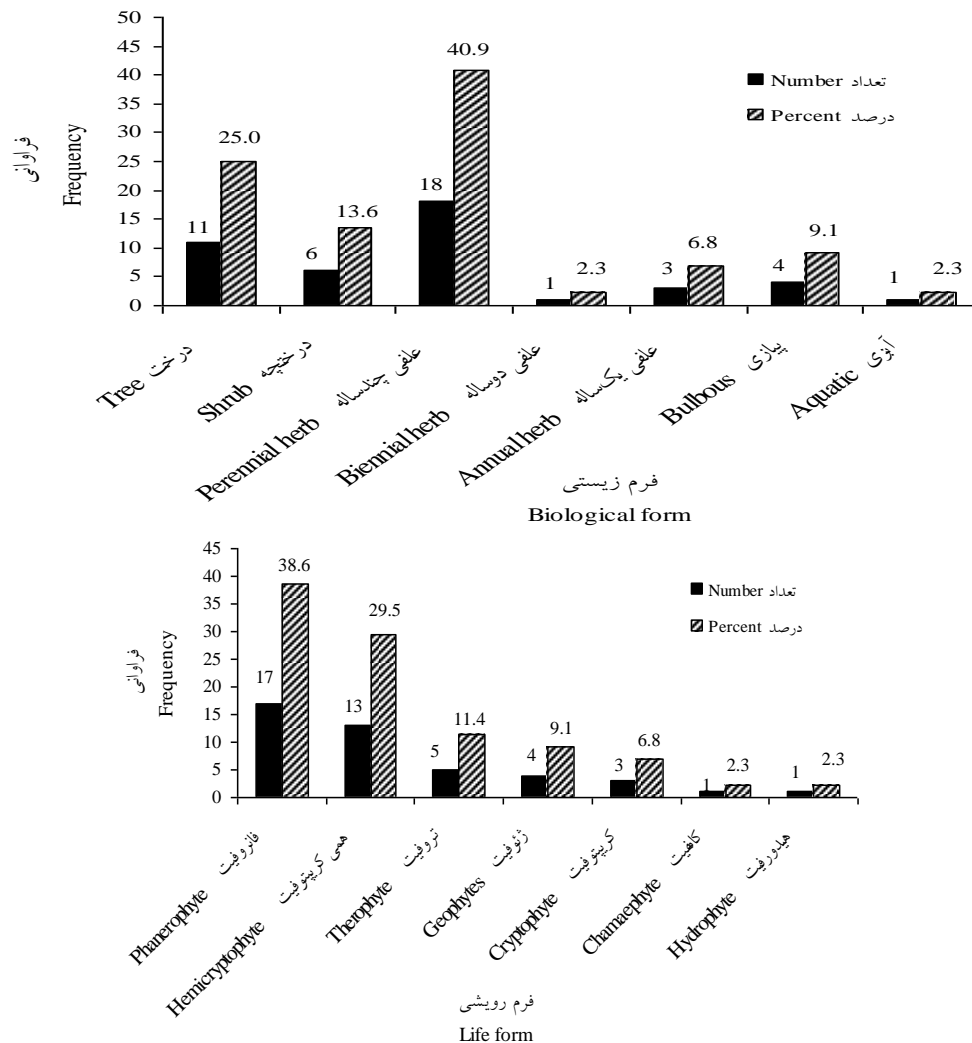
اطلاعات به دست آمده از مصاحبه‌ها و اسناد و مدارک با استفاده از تحلیل محتوی شامل ویرایش اطلاعات، یکپارچه‌سازی، طبقه‌بندی، تغییر شکل دادن و برجسته ساختن اطلاعات برای نمایش آن‌ها تدوین شدند. تحلیل محتوا به این صورت بود که با بازخوانی متن مصاحبه‌های انجام شده، محتوای مصاحبه‌ها که دربرگیرنده اطلاعات گیاهان دارویی و خوراکی بود، استخراج شد. واحدهای محتوا که کلمات و جملات به کاربرد شده در متن مصاحبه بودند، براساس نوع استفاده (خوراکی، دارویی و غیره) طبقه‌بندی شده و در نهایت با طبقه‌بندی آن‌ها براساس خانواده هر گونه گیاهی، نتایج نهایی ارائه شد.

نتایج

براساس نتایج، ۴۴ گونه دارویی و خوراکی از ۲۴ خانواده گیاهی در منطقه مورد بررسی شناسایی شد (جدول ۱). بیشترین فراوانی مربوط به خانواده Rosaceae (هشت گونه و ۱۸ درصد) بود و خانواده-

۱۱ گونه درختی و میوه ۴ گونه (۸۰ درصد) از ۵ گونه درختچه‌ای بهره‌برداری سستی شده و استفاده می‌شد. به استناد اطلاعات جمع‌آوری شده، از ۴۴ گونه شناسایی شده، مصرف ۳۸ گونه محدودیتی خاصی نداشته، اما مصرف ۶ گونه باید به شکل محدود باشد. این گونه‌ها شامل فرفیون (چند قطره از شیرابه)، شکر تیغال (به مقدار یک قاشق چایخوری)، گال دارمازو (یک یا دو تکه از گال)، شیرابه انجیر (به مقدار چند قطره)، کاردی (به مقدار ۳-۵ برگ)، اوجا (بسته به نیاز فرد از یک تا چند قاشق چوب رنده شده) هستند.

گیاهان به صورت خام استفاده می‌شدند که ۱۵ گونه (۶۲/۵ درصد) آن‌ها میوه‌های خوراکی جنگلی بودند (مانند بنه و خینجوک) و ۹ گونه (۳۷/۵ درصد) به صورت سبزی (مانند آب‌تره و پرسپاوش) کاربرد داشتند. از ۴ گونه با فرم زیستی پیاز، در ۲ گونه (۵۰ درصد) برگ و در ۲ گونه (۵۰ درصد) دیگر پیاز گیاه مورد استفاده قرار می‌گرفت. از ۲۲ گونه علفی شناسایی شده، برگ و گل ۱۲ گونه (۵۴/۵ درصد) و ساقه ۷ گونه (۳۱/۸ درصد) مورد استفاده قرار می‌گرفت. همچنین، میوه ۱۰ گونه (۹۰/۹ درصد) از



شکل ۱- فراوانی (تعداد و درصد) گیاهان مورد بررسی به تفکیک فرم زیستی (بالا) و رویشی (پایین)

Figure 1. Frequency (number and percentage) of plants studied by Biological (top) and life form (down)

جدول ۱- دانش سنتی مربوط به ارزش‌های دارویی گیاهان چوبی و علفی منطقه مورد بررسی

Table 1. Traditional knowledge documented per woody and herbaceous plants in the study area

ردیف No.	خانواده Family	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	نام محلی Local name	فرم زیستی Biological form	فرم رویشی Life form	پراکنش اکولوژیکی Habitat	زمان جمع‌آوری Gathering time	اندام مورد استفاده Parts used	نوع کاربرد Type of application	خاصیت دارویی Medicinal properties	شیوه مصرف سنتی Traditional consumption method
1		<i>Allium hirtifolium</i> Boiss.	موسیر	لیز	پياز چندساله	ژئوفیت	آفتاب‌پسند، انحصاری ایران	تابستان	پياز	خوراکی و دارویی	کاهش عفونت بدن	خام برای خوش‌طعم کردن دوغ یا ماست و پخته در آش
			Mūsir	Liz	Bl	Ge	En/Light-demand	July to Sept.	Bl	Ed & Med	Body infection	Fresh to taste the yogurt and doogh/Cooked
2	Amaryllidaceae	<i>Allium jesdianum</i> Boiss. & Bushe	بن‌سرخ	بوسور	پياز چندساله	ژئوفیت	انحصاری ایران، کوهستان‌های مرتفع	اردیبهشت و خرداد	برگ	خوراکی و دارویی	درمان درد و ورم کلیه و سنگ کلیه، سوزش ادرار و سرماخوردگی	جوشانده با برگ خشک، پخته با آب و یا ترشی انار برای آش محلی
			Bon Sorx	Būsowr	Bl	Ge	En/ High mountains	May to June	L	Ed & Med	Pain and swelling of the kidneys and kidney stones, heartburn and cold	Decocting with dried leaves/cooked with water/pomegranate pickle for local soup
3	Anacardiaceae	<i>Pistacia atlantica</i> Desf.	بنه	کله	درخت	فانروفیت	مناطق با رطوبت کم، نیمه‌بیابانی و بیابانی	اواخر تابستان تا اوایل پاییز	میوه و صمغ	خوراکی و دارویی	عفونت، درمان بیماری‌های گوارشی، ناراحتی‌های تنفسی، درمان زخم	میوه، خام به شکل ترشی و سقر به شکل جویدنی
			Baneh	Kelah	T	Ph	Areas with low humidity, semi-desert and desert	Sept. to Oct.	F & GM	Ed & Med	Gum for toothache and infection, stomachache, breath disorders, wound healing	Rae fruit as pickle/ gum for chewing
4		<i>Pistacia khinjuk</i> Stocks	خینجوک	قُلن	درخت	فانروفیت	مناطق کوهستانی نیمه‌خشک سرد	شهریور، مهر و آبان	میوه	خوراکی	---	خام به شکل تنقلات
			xinjūk	Qolen	T	Ph	Cold semi-arid mountainous areas	Sept. to Oct.	F	Ed	---	Er
5	Apiaceae	<i>Echinophora cinerea</i> (Boiss.) Hedge & Lamond	فداله	فیاله	چندساله	همی‌کرپتوفیت	ارتفاعات جنگل‌های زاگرس	بهار، تابستان و حتی پاییز	برگ	خوراکی	---	خشک و تازه برای طعم‌دهی دوغ
			Fedāleh	Feyāla	Ph	T	Highlands of Zagros forests	Apr. to Sept.	L	Ed	---	Dry and fresh to taste the doogh

ردیف No.	خانواده Family	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	نام محلی Local name	فرم زیستی Biological form	فرم رویشی Life form	پراکنش اکولوژیکی Habitat	زمان جمع‌آوری Gathering time	اندام مورد استفاده Parts used	نوع کاربرد Type of application	خاصیت دارویی Medicinal properties	شیوه مصرف سنتی Traditional consumption method
						He						
6		<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	غازیاقی Qāzyāqi	پاقزو Pāqezū	علفی چندساله Ph	همی‌کر پیتوفی ت He	مناطق معتدل، چمنزارهای صخره‌ای، کنار رودخانه‌ها و مناطق باز جنگلی Temperate areas, rocky grasslands, along rivers and forest open areas	فروردین و اردیبهشت Mar. to Apr.	ساقه و برگ جوان S & L	خوراکی Ed	---	پخته به صورت تازه Ck
7		<i>Smyrniium cordifolium</i> Boiss.	آوندول Avandūl	آونول، پینومه Āonūl, penūma	علفی چندساله Ph	همی‌کر پیتوفی ت He	مناطق مرتفع با خاک‌های کم-عمق تا بسیار عمیق Highlands with shallow to very deep soils	اواخر فروردین و اردیبهشت Apr. to May	ساقه S	خوراکی Ed	---	خام به شکل سبزی Er
8	Asparagaceae	<i>Bellevalia glauca</i> (Lindl) Kunth	تمشکین؛ رگ‌آبی Tameškin Barg ābi	آوهورک Aowhora k	پیاز چندساله Bl	ژئوفی ت Ge	مناطق باز و دامنه‌های فرسایش‌یافته جنگل‌های بلوط Open areas and eroded slopes of oak forests	فروردین و اردیبهشت Apr. to May	برگ L	خوراکی Ed	---	پخته به صورت تازه Ck
9	Asphodelaceae	<i>Eremurus spectabilis</i> M.B.	سریش تماشایی Seriše Tamāšaei	سریش Sereyš	علفی چندساله Ph	ژئوفی ت Ge	ارتفاعات و اراضی شیب‌دار Slope highlands	اوایل فروردین تا اردیبهشت Apr. to May	برگ و ساقه جوان L & S	خوراکی و دارویی Ed & Med	پاک کردن روده و معده از انگل Cleanse the intestines and stomach of parasites	پخته Ck
10	Asteraceae	<i>Echinops haussknechtii</i> Boiss.	شکر تیغال Šekar Tiqāl	قن شکر و ک، خارخر Qanšaker ūk, xār xer	علفی چندساله Ph	همی‌کر پیتوفی ت He	ارتفاعات بالای دامنه کوه‌ها، مناطق نیمه‌مرطوب Above the slopes, semi-humid areas	مرداد Augu.	مان MN	دارویی Med	درمان تنگی نفس، آسم و برطرف کردن خلط سینه، گلو و سرفه Shortness of breath, asthma and relieve chest congestion, sore throat and cough	خوراکی به صورت پودر با آب یا شیر Pounding with water or milk
11		<i>Gundelia tournefortii</i> L.	کنگر خوراکی Kangare	کنگر Kenger	علفی چندساله Ph	همی‌کر پیتوفی ت He	خاک‌های زهکشی شده و مرطوب Moist and well-drained areas	بهار و تابستان Apr. to Sept.	ریشه، ساقه R & S	خوراکی و دارویی Ed & Med	دفع انگل روده و معده Excretion of intestinal and gastric parasites	خام همراه نان و پخته با شیر و برنج و تهیه خورش Raw with bread/baked with

دانش سنتی جنگل‌نشینان زاگرس در ارتباط با ارزش‌های دارویی گیاهان چوبی و علفی

ردیف No.	خانواده Family	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	نام محلی Local name	فرم زیستی Biological form	فرم رویشی Life form	پراکنش اکولوژیکی Habitat	زمان جمع‌آوری Gathering time	اندام مورد استفاده Parts used	نوع کاربرد Type of application	خاصیت دارویی Medicinal properties	شیوه مصرف سنتی Traditional consumption method
			xorāki		Ph	ت He	Drained and moist soils			Ed & Med		milk and rice
12		Matricaria recutita L.	بابونه دارویی	برنج داس Brenjdās	علفی یک‌ساله	Th Ah	دامنه‌های با سایه متوسط اطراف مزارع و دشت‌ها Slopes around farms and plains	اواخر بهار June	گل F	دارویی Med	کنترل چربی خون و تا اندازه‌ای قند خون Blood sugar and blood fat	جوشانده Bd
13		Onopordum carduchorum Bornm. & Beauverd	خارپنبه شاهویی	خارکیوار	علفی دو‌ساله	همی‌کر پیتوفی ت He	مناطق جنگلی تخریب‌شده Degraded forest areas	فروردین و اردیبهشت Apr. to May	ساقه S	خوراکی Ed	---	خام Er
14		Tragopogon graminifolius DC.	شنگ شنگ	شنگ	علفی چندساله	همی‌کر پیتوفی ت He	علفزارهای کوهستانی مرطوب Wet mountain grasslands	فروردین و اردیبهشت Apr. to May	برگ L	خوراکی و دارویی Ed & Med	درمان قند خون Blood sugar	خام و تازه همراه با نمک و گاهی آبغوره Er with salt and sometimes verjuice
15	Brassicaceae	Nasturtium officinale R. Brown	آب‌تره	بلمک	علفی چندساله و آبزی	همی‌کر پیتوفی ت He	چشمه‌های کوهستان‌ها، نه‌رها و مناطق مرطوب Mountain springs, streams and wetlands	بهار، تابستان و پاییز Apr. to Oct.	برگ L	خوراکی و دارویی Ed & Med	درمان گواتر و قندخون Goiter and diabetes	خام به‌شکل سبزی همراه با نان و خشک پودر شده در ماست Er as vegetables with bread/pounding and eating by yogurt
16		Sinapis arvensis L.	خردل بیابانی	ترپوکه	علفی یک- ساله	تروفی ت Th	کنار زمین‌های کشاورزی Next to agricultural lands	بهار Apr. to June	ساقه S	خوراکی Ed	---	خام Er
17	Cannabaceae	Celtis caucasica Willd.	تادار	تاک	درخت	فانروفی	مناطق خشک و استپی البرز و	مهر و آبان	میوه	خوراکی	---	آسیاب کرده به شکل قاووت

ردیف No.	خانواده Family	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	نام محلی Local name	فرم زیستی Biological form	فرم رویشی Life form	پراکنش اکولوژیکی Habitat	زمان جمع‌آوری Gathering time	اندام مورد استفاده Parts used	نوع کاربرد Type of application	خاصیت دارویی Medicinal properties	شیوه مصرف سنتی Traditional consumption method
			Tādār	Tāk	T	ت	زاگرس Dry and steppe areas of Alborz and Zagros	Oct. to Nov.	F	Ed		Po
18	Cistaceae	<i>Helianthemum ledifolium</i> (L.) Miller	گل آفتابی اروپایی	دون‌ملیج ک	علفی چندساله	تروفی ت	درون یا حاشیه زمین‌های کشاورزی یا باغات In or around agricultural lands or gardens	بهار Apr. to June.	بذر Se	خوراکی Ed	---	خام Er
19	Elaeagnaceae	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	سنجد	سرینجه	درخت T	ت Ph	نورپسند، نواحی استپی مرتفع Light-demand, high steppe areas	اواخر تابستان و اوایل پاییز Sept. to Oct.	میوه F	خوراکی Ed	---	خام Er
20	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia orientalis</i> L.	فریون	شیرشیرک	علفی چندساله	ت He	ارتفاعات خشک و آفتابگیر Dry and sunny highlands	بهار و تابستان Apr. to Sept.	شیرابه Ms	دارویی Med	درمان میخچه و زگیل Wart	مالیدنی Ru
21	Fagaceae	<i>Quercus brantii</i> Lindl.	بلوط ایرانی/برو دار	بلی	درخت T	ت Ph	جنگل‌های زاگرس، خاک‌های آهکی Zagros forests	اواخر مهر Oct. to Nov.	میوه، مان Se & MN	خوراکی و دارویی Ed & Med	درمان ناراحتی‌های گوارشی، اسهال و اسهال خونی Gastrointestinal disorders, diarrhea and dysentery	خام، تهیه آرد نان و شهد مان Er/Pounding to bread cooking/boiling manna with water
22		<i>Quercus infectoria</i> Oliv.	دارمازو	مازی	درخت T	ت Ph	جنگل‌های زاگرس شمالی Northern Zagros forests	تابستان و پاییز June to Nov.	میوه، گال Se & Gl	دارویی Med	میوه برای درمان ناراحتی‌های گوارشی، اسهال و اسهال خونی، گال برای دندان درد و درمان عفونت Fruits for gastrointestinal disorders, diarrhea and dysentery, gall for toothache	میوه خام و مازوج پودر شده Fruit: Er/gall: Po

دانش سنتی جنگل‌نشینان زاگرس در ارتباط با ارزش‌های دارویی گیاهان چوبی و علفی

ردیف No.	خانواده Family	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	نام محلی Local name	فرم زیستی Biological form	فرم رویشی Life form	پراکنش اکولوژیکی Habitat	زمان جمع‌آوری Gathering time	اندام مورد استفاده Parts used	نوع کاربرد Type of application	خاصیت دارویی Medicinal properties	شیوه مصرف سنتی Traditional consumption method
											and infections	
23	Iridaceae	<i>Crocus haussknechtii</i> Boiss.	جو قاسم Zafarāne jowqāsem	پیشوک Pišūk	پیاز چندساله Bl	کرپیتوف یت Cr	مناطق صخره‌ای و خشک Rocky and dry areas	فروردین و اردیبهشت Apr. to May	پیاز Bl	خوراکی Ed	---	پخته زیر ذغال Baked under charcoal
24		<i>Eremostachys laevigata</i> Bunge	سنبل بیابانی Sonbole Biābani	گنل Ganel	علفی چندساله Ph	همی‌کرپیتوف ت He	مناطق کوهستانی Mountain areas	اوایل تابستان July	ساقه و برگ S & L	صنعتی Ins	رنگ کردن پشم گوسفندان Coloring sheep's wool	پختن ساقه و برگ گیاه با آب Chd
25	Lamiaceae	<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds.	پونه Pūneh	پینه Pina	علفی چندساله Ph	کرپیتوف یت Cr	خاک‌های مرطوب، حاشیه جویبارها و رودخانه‌ها Wet soils, river and stream banks	بهار و تابستان Apr. to Sept.	برگ L	خوراکی و دارویی Ed & Med	درمان اسهال خونی، سرماخوردگی، رفع نفخ و تقویت معده Cold, dysentery, eliminate bloating and strengthen the stomach	جوشانده، پخته در آتش و خشک به عنوان طعم‌دهنده De/cooked with soup
26		<i>Stachys lavandulifolia</i> Vahl.	چای کوهی Čāy Kūhi	کلکنه Kolkena	علفی چندساله Ph	همی‌کرپیتوف ت He	دامنه‌های صخره‌ای - سنگلاخی، ارتفاعات جنگل - های بلوط و حاشیه مزارع Rocky slopes, highlands of oak forest, farmlands	اردیبهشت و خرداد May to June	سرشاخه گل‌دار F	دارویی Med	درمان سرماخوردگی، دل‌درد و به‌عنوان آرام‌بخش Cold, stomachache	دم‌کرده Ht
27		<i>Thymus kotschyanus</i> Boiss. & Hohen.	آویشن Avišan	آزبوا Azbūa	علفی چندساله Ph	کامفی ت Ch	ارتفاعات در شکاف صخره‌ها Highlands in the crack of rocks	اردیبهشت، خرداد و تیر May	برگ L	دارویی Med	درمان سرماخوردگی یا پیشگیری از آن Prevention of cold	دم‌کرده مانند چای Ht
28	Malvaceae	<i>Althaea officinalis</i> L.	ختمی Xatmi	گل هیرو Golherū	علفی چندساله Ph	همی‌کرپیتوف ت Cr	مناطق تخریب‌شده و مرطوب Degraded and humid areas	شهریور و مهر Sept. to Nov.	گل F	دارویی Med	درمان سرماخوردگی و سردرد Coil, headache	جوشانده Bd

ردیف No.	خانواده Family	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	نام محلی Local name	فرم زیستی Biological form	پراکنش اکولوژیکی Habitat	زمان جمع‌آوری Gathering time	اندام مورد استفاده Parts used	نوع کاربرد Type of application	خاصیت دارویی Medicinal properties	شیوه مصرف سنتی Traditional consumption method
29	Moraceae	<i>Ficus carica</i> L.	آنجیر	آنجیر	درخت	خاک‌های زهکشی شده، نورپسند	مرداد و شهریور Augu. to Sep	میوه و شیرابه	خوراکی و دارویی	شیرابه برای درمان زگیل، میوه برای درمان یبوست	میوه خام و شیرابه مالیدنی Er/rubbing of milky sap
30	Papilionaceae	<i>Astragalus hamosus</i> L.	ناخنک	چنگ گروه	علفی یک- ساله	کوهپایه‌های رسی، ماسه‌ای و ارتفاعات مدیترانه‌ای، نورپسند	اردیبهشت و خرداد May to June	بذر Se	خوراکی Ed	---	خام به شکل تنقلات Er as nut
31	Plantaginaceae	<i>Plantago lanceolata</i> L.	کاردی	غورکشک	چندساله	کنار رودخانه‌ها و آبراه‌ها	بهار و تابستان Apr. to Sept.	برگ L	دارویی Med	درمان زخم‌های عفونی، درمان درد و ورم مفاصل	کوبیدن برگ Po
32	Polygonaceae	<i>Rheum ribes</i> L.	ریواس	ریواس	چندساله	ارتفاعات	اردیبهشت و خرداد May to June	سرشاخه TW	خوراکی Ed	---	خام Er
33	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	خرفه	پرپلیک	چندساله	درون یا حاشیه زمین‌های کشاورزی یا باغات	بهار و تابستان Apr. to Sept.	بذر Se	خوراکی Ed	به صورت سبزی	خام Er
34	Pteridaceae	<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	پرسیاوش	گمرویز	علفی چندساله	ارتفاعات بالا و بر روی صخره ها و نزدیک آب	اواخر تابستان و اوایل پاییز Sept. to Oct.	برگ L	خوراکی Ed	---	خام به شکل سبزی Er

دانش سنتی جنگل‌نشینان زاگرس در ارتباط با ارزش‌های دارویی گیاهان چوبی و علفی

ردیف No.	خانواده Family	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	نام محلی Local name	فرم زیستی Biological form	فرم رویشی Life form	پراکنش اکولوژیکی Habitat	زمان جمع‌آوری Gathering time	اندام مورد استفاده Parts used	نوع کاربرد Type of application	خاصیت دارویی Medicinal properties	شیوه مصرف سنتی Traditional consumption method
35		<i>Amygdalus arabica</i> Olivier	بادام بی-برگ Bādāme Bībarg	بام	درختچه S	فانروفیه ت Ph	ارتفاعات البرز و زاگرس Alborz and Zagros highlands	تیر و مرداد July to Aug.	میوه F	خوراکی و دارویی Ed & Med	درمان قندخون، فشار و چربی خون، ناراحتی‌های قلبی و سرماخوردگی Blood sugar, blood pressure and blood fat, heart problems and cold	خام و پخته Er/nut
36		<i>Amygdalus Haussknechtii</i> (C. K. Schneider) Bornm.	ارژن Arjan	ارژه، ارژه، ارجه	درختچه S	فانروفیه ت Ph	انحصاری ایران، جنگل‌های زاگرس En/Zagros forests	اردیبهشت و خرداد و تابستان May to Sept.	میوه F	خوراکی Ed	---	خام و پخته Er/nut
37		<i>Cerasus microcarpa</i> (C. A. Mey.) Boiss.	راناس Rānās	هلونه Helūna	درختچه S	فانروفیه ت Ph	ارتفاعات نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب البرز و زاگرس Alborz and Zagros semi-arid and semi-humid highlands	اردیبهشت و خرداد May to June	میوه F	خوراکی Ed	---	خام Er
38	Rosaceae	<i>Crataegus atosanguinea</i> A. Pojark.	زالزالک خونین Zālzālake xūnin	گیرج سور Girčsor	درخت T	فانروفیه ت Ph	مناطق سنگلاخی و در شیب‌ها Rocky areas and on slopes	شهریور و مهر Sept. to Oct.	میوه F	خوراکی Ed	---	خام Er
39		<i>Crataegus meyeri</i> A. Pojark.	زالزالک ارمنستانی Zālzālake Armanest ani	گیرج زرد Girčzard	درخت T	فانروفیه ت Ph	نورپسند، مناطق باز جنگلی، حاشیه رودخانه‌ها Light-demand, forest open areas, river banks	مهر و آبان Oct. to Nov.	میوه و شاخه F & TW	خوراکی و دارویی Ed & Med	کاهش چربی خون، خوردگی و از بین بردن دندان‌ها در موارد خاص Blood fat	میوه خام و جوشانده شاخه‌ها Er of fruit; decocting of twigs
40		<i>Pyrus glabra</i> Boiss.	آنچوچک Ančūčak	مرو Merū	درخت T	فانروفیه ت Ph	انحصاری ایران، جنگل‌های زاگرس Zagros forests	مهر و آبان Oct. to Nov.	میوه F	خوراکی و دارویی Ed & Med	درمان پروستات Prostate	خام Er
41		<i>Rosa elyomatica</i> Boiss. &	نسترن Nestarn	میش تیره	درختچه	فانروفیه	تابستان	میوه	خوراکی	---	خام	

ردیف No.	خانواده Family	نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	نام محلی Local name	فرم زیستی Biological form	فرم رویشی Life form	پراکنش اکولوژیکی Habitat	زمان جمع‌آوری Gathering time	اندام مورد استفاده Parts used	نوع کاربرد Type of application	خاصیت دارویی Medicinal properties	شیوه مصرف سنتی Traditional consumption method
		Hauskn.	کوهی	Meyštiara	S	ت		July to Sept.	F	Ed		Er
			Nastarane Kūhi			Ph						
42		Rubus sanctus Schreber	تمشک	تی‌یره	درختچه	فانروفیه	مناطق مرطوب و مرتفع، زیراشکوب درختان	اواخر بهار تا اواخر تابستان	میوه	خوراکی	---	خام
			Tamešk	Tiyara	S	Ph	Wet areas and highlands, under the trees	July to Sept.	F	Ed		Er
43	Thymelaeaceae	Daphne mucronata Royle	دافنه	خوشک	درختچه	فانروفیه	دامنه‌های جنوبی ارتفاعات جنگلی	تابستان	برگ و شاخه	صنعتی	سرمه	دود کردن شاخه
			Dāfneh	Xavashak	S	Ph	Southern slopes of highland forests	July to Sept.	L & TW	Ins	As Sormeh	S
44	Ulmaceae	Ulmus minor Mill.	اوجا	وزم	درختی	فانروفیه	نواحی استپی، جنگل‌های هیرکانی و زاگرس	تابستان	چوب	دارویی	گوسفند برای شکسته‌بندی استخوان	جوشانده خاک اره چوب
			ūja	Vezm	T	Ph	Hyrcanian and Zagros forests, Steppe	July to Sept.		Med	kidney pain and stones, a mixture of sawdust with sheep's fat for bone fractures	Sawdust decocting

Habit: T – tree, S – shrub, Bs – bush, Ah – annual herb, Bh – biennial herb, Ph – perennial herb, Bl – bulbous, and Aq – aquatic; life form (Raunkaier classes): Ph – Phanerophyte, Ch – Chamaephyte, He – Hemicryptophyte, Cr – Cryptophyte, Ge – Geophytes, Hy – Hydrophyte, and Th – Therophyte; habitat: EN – endemic; parts used: R – root, S – stem, L – leaf, F – fruit, Fl – flower, Se – seed, TW – twigs, GM – gum, Ms – milky sap, Bl – bulb, GL – gall, W – wood, and MN – Manna; property; Med – medicinal, Ed – edible, and Ins – industrial; ways of preparation: Chd – crushed, homogenized in water and drunk, S – smoked, Er – eating raw, Bd – boiled and drunk, Ck – cooked, Po – pounding, De – Decocting, Ht – Herbal tea, and Ru - Rubbing.

بحث

مورد بررسی قرار گیرند و جنگل نیز دارای تنوع قابل قبولی از گونه‌های چوبی باشد، سهم قابل توجه فرم رویشی درختی و درختچه‌ای مورد انتظار است، اما به‌طور معمول گیاهان علفی بیشترین سهم را داشته و خانواده‌های Asteraceae و Lamiaceae غالب‌ترین خانواده‌ها هستند. با توجه به اینکه خانواده Asteraceae بیشترین سهم (۱۵/۶ درصد) را در فلور ایران داشته و خانواده Rosaceae نیز در رتبه سوم فراوانی (هشت درصد) قرار دارد (Asadi, 2019)، بنابراین، این نتیجه منطقی و قابل پذیرش است.

در بین اندام‌های گیاهی مورد استفاده، میوه، برگ و ساقه به‌ترتیب با ۲۷ درصد، ۲۳/۵ درصد و ۱۳ درصد بیشترین سهم را داشتند. در پژوهش‌های مختلف داخلی نیز این سه اندام گیاهی همواره بیشترین سهم را داشته‌اند، منتهی سهم و ترتیب فراوانی آن‌ها در مناطق مختلف کمی متفاوت است. به‌عنوان نمونه، در حوزه ایلگنه‌چای جنگل‌های ارسباران، برگ و گل گیاهان دارویی به‌ترتیب با ۳۹ درصد و ۲۴ درصد، بیشترین استفاده را داشتند (Khaleghi et al., 2016). در بین ۷۹ گونه دارویی مورد بررسی در شهرستان سیرجان استان کرمان نیز برگ آن‌ها بیشترین استفاده را داشت (Sharififar et al., 2010). در پژوهش‌های خارجی نیز سهم اندام برگ و میوه قابل توجه بوده است. به‌عنوان نمونه، مقدار آن در پژوهشی در مورد ۸۵ گونه گیاهی دارویی در بلغارستان، ۲۹/۵ درصد (Boycheva and Matinova, 2018)، در کشور اتیوپی در مورد ۵۸ گونه دارویی، ۳۶ درصد (Bizuyehu and Assefa, 2017) و در اندونزی در مورد ۵۵ گونه دارویی، ۴۰ درصد (Qamariah et al., 2020) گزارش شد، البته ناگفته نماند که به‌دلیل تفاوت در نوع گیاهان، سهم ریشه به‌مراتب بیشتر از پژوهش پیش‌رو بوده است.

از آنجایی که این پژوهش در یک منطقه جنگلی انجام شد، وجود ۱۱ گونه درختی و ۶ گونه درختچه‌ای در ترکیب گونه‌های دارویی منطقه قابل‌انتظار بود. بلوط جنس غالب جنگل‌های زاگرس است و دیگر گونه‌ها یا در اشکوب زیرین و یا در اشکوب زیرین با این گونه همراه می‌شوند (Sagheb Talebi et al., 2014). همچنین، چون اغلب گونه‌های همراه بلوط در جنگل - های زاگرس مانند زالزالک، بادام و نسترن متعلق به خانواده Rosaceae هستند، این خانواده بیشترین فراوانی را داشت. در پژوهش انجام‌شده در مورد دانش سنتی گیاهان دارویی در جنگل‌های زاگرسی شهرستان ایزه از ۱۶ گونه بررسی‌شده، بیشترین سهم (۳۷/۵ درصد) مربوط به فرم رویشی درختی بود (Razavi, 2015). در بررسی دانش سنتی ۷۰ گونه دارویی از ۳۷ خانواده گیاهی در حوزه آبخیز شمال‌شرقی خلیج فارس (Dolatkhahi and Nabipour, 2014) و همچنین ۸۵ گونه دارویی متعلق به ۳۹ خانواده گیاهی در شهرستان دشتستان استان بوشهر (Dolatkhahi and Ghorbani Nohooji, 2013)، مشخص شد که بیشترین فراوانی (به‌ترتیب ۱۹ درصد و ۱۲ درصد) مربوط به خانواده Asteraceae بود. همچنین، در حوزه ایلگنه‌چای جنگل‌های ارسباران ۴۶ گونه دارویی متعلق به ۲۰ خانواده گیاهی شناسایی شد که بیشترین سهم به‌ترتیب مربوط به خانواده‌های Lamiaceae (۲۲ درصد) و Asteraceae (۱۷ درصد) بود (Khaleghi et al., 2016). نتیجه مشابهی نیز در بررسی دانش بومی ۷۵ گونه گیاهی دارویی در شهرستان مبارکه استان اصفهان به‌دست آمد، با این تفاوت که سهم خانواده - های Lamiaceae و Asteraceae به‌ترتیب ۱۲ درصد و ۱۰/۵ درصد بود (Mardaninejad et al., 2013). بنابراین، اگر گیاهان دارویی در مناطق جنگلی زاگرس

ها و میوه‌های برودار تشکیل می‌شود، از اوایل شهریور ماه تشکیل شده و در اوایل پاییز به حداکثر مقدار خود می‌رسد و باید پیش از شروع باران‌های پاییزی برداشت شود. فرآوری سنتی این محصول بدین صورت است که پس از جداسازی میوه‌های حاوی مان، آن‌ها را در داخل یک دیگ پر از آب در حال جوش ریخته و به‌طور کامل هم می‌زنند تا مان موجود بر روی آن‌ها در آب حل شود. سپس، دانه‌های بلوط و پیاله‌های آن‌ها را از آب خارج کرده و محلول باقی‌مانده آنقدر جوشانده می‌شود تا به تدریج به صورت شهدی قهوه‌ای رنگ و غلیظ درآید. این شهد ارزش غذایی فراوانی داشته و به‌طور معمول به صورت سنتی در وعده غذایی صبحانه و یا میان‌وعده استفاده می‌شود. سقز حاصل از درخت بنه نیز برای درد دندان و عفونت، درمان بیماری‌های گوارشی، ناراحتی‌های تنفسی و درمان زخم کاربرد دارد. سقز توسط زخم‌های وارد بر تنه درختان بنه و بستن کاسه گلی در پای این زخم‌ها استخراج می‌شود و به شکل آدامس نیز کاربرد فراوانی دارد.

میوه برخی از گیاهان دارویی در منطقه مورد بررسی به‌ویژه گونه‌های درختی و درختچه‌ای مانند زالزالک، سنجد، انچوچک، بادام، انجیر، خینجوک و راناس با سهمی معادل ۶۲/۵ درصد، به صورت خام استفاده می‌شدند. در بین میوه‌های درختان همانند استفاده از برگ، استفاده از میوه بلوط ایرانی در بین مردم محلی از اهمیت بیشتری برخوردار است. بذر درختان بلوط که در گویش محلی «بلی» نامیده می‌شود، با رسیدن فصل پاییز شروع به رسیدن کرده و خودبه‌خود از شاخه جدا می‌شوند و بر روی زمین می‌افتند، یا در مواردی که بخواهند بذر را خودشان بتکانند، این کار به وسیله چوب بلند و یا تکان دادن شاخه‌ها به وسیله پرتاب سنگ انجام می‌شود.

در حالی که در این پژوهش سهم اندام ریشه دو درصد بود، در پژوهش‌های انجام‌شده در اتیوپی (Bizuayehu and Assefa, 2017) و اندونزی (Qamariah et al., 2020) به ترتیب ۱۵ درصد و ۲۹ درصد بود. علاوه بر موارد فوق، فصل برداشت عمده (۸۴/۶ درصد) گونه‌های علفی (یکساله، دوساله، چندساله و پیازها) بهار بود، در حالی که در مورد گونه‌های چوبی نتیجه کاملاً برعکس بود. تمام گونه‌های درختی و ۸۳/۳ درصد گونه‌های درختچه‌ای در فصل تابستان برداشت می‌شدند. البته این نتیجه کاملاً منطقی است، زیرا در درختان و درختچه‌ها اندام مورد استفاده بذر و میوه است که به‌طور معمول در دو فصل تابستان و پاییز تشکیل شده و قابل بهره‌برداری هستند، اما گیاهان علفی با شروع فصل رویش در بهار بلافاصله رشد رویشی و زایشی خود را کامل کرده و برای بهره‌برداری آماده هستند. در پژوهش‌های مشابهی که هر دو فرم زیستی گیاهان علفی و چوبی وجود داشته‌اند (Razavi, 2015, Khaleghi et al., 2016) نیز نتایج مشابهی به دست آمده است.

از نکات قابل توجه در دانش بومی گیاهان دارویی منطقه مورد بررسی، استفاده از محصولات فرعی درختان مانند گال مازوج مربوط به درخت دارمازو، مان درخت بلوط ایرانی و صمغ درختان بنه (سقز) بود. گال مازوج مهم‌ترین گال تولیدشده بر روی درختان مازودار در جنگل‌های زاگرس است که در منطقه مورد بررسی از پودر شده آن برای دندان‌درد و درمان عفونت استفاده می‌شود. گال مازوج سبز با دارا بودن ۷۲ درصد تانن، بیشترین مقدار تانن را در بین گال‌های درختان بلوط بومی ایران دارد که پس از رسیدن و تبدیل شدن به مازوج سفید، مقدار آن به ۷۶ درصد می‌رسد (Pourshafi Zanganeh, 1993). مانی که به صورت دانه‌های ریز و درشت شیرین روی پیاله

شبهه به دوده در قسمت داخلی تابه تشکیل می‌شود که همان سرمه است که آن را به وسیله شی نازکی مانند یک کاغذ، با کشیدن بر روی آن جمع می‌کنند.

آنچه در آخر می‌توان ذکر کرد این است که دانش‌های سنتی مرتبط با ارزش‌های دارویی گیاهان جنگلی بسیار ارزشمند هستند. شناسایی این دانش‌ها می‌تواند سهم بزرگی در تدقیق طب مدرن داشته باشد که از این رو باید مورد توجه جدی قرار گیرد. این نکته نیز باید اشاره شود که دو موضوع نگران‌کننده در این مقوله وجود دارد. از آنجایی که سهم قابل‌توجهی از گیاهان دارویی محدودیت مصرف نداشتند (از ۴۴ گونه تنها شش گونه محدودیت مصرف داشتند)، برداشت بی‌ضابطه گیاهان دارویی با توجه به سودجویی برخی افراد در سالیان اخیر موضوعی است که می‌تواند در صورت عدم کنترل به چالش اصلی این مقوله تبدیل شود. همچنین، برخی از گیاهان مانند گونه‌های اندمیک، انحصاری و کمیاب هستند و برداشت مکررشان ضمن تخریب رویشگاه‌های طبیعی آن‌ها می‌تواند خطر انقراض آن‌ها را به همراه داشته باشد. در این زمینه نیز لازم است مراقبت‌ها و تمهیدات لازم اندیشیده شود. ادامه این پژوهش در دیگر مناطق جنگلی کشور به‌ویژه ناحیه رویشی زاگرس منجر به کسب نتایج کامل‌تر و جامع‌تری خواهد شد که می‌تواند در پژوهش‌های آینده مورد توجه پژوهشگران باشد.

References

- Assadi, M., Flora of Iran. *Iran Nature* **2019**, 4 (2), 29-41.
- Bizuayehu, B.; Assefa, T., Ethnobotanical value of medicinal plant diversity in Cheha district, Guraghe zone, Southern Nations, Nationalities and Peoples (SNNPR) of Ethiopia. *Journal of Medicinal Plants Research* **2017**, 11 (28), 445-454.

نکته قابل‌توجه دیگر در دانش سنتی گیاهان منطقه مورد بررسی استفاده از گیاه سنبل بیابانی (*Eremostachys Laevigata*) با نام محلی گنل برای رنگ‌رزی و دافنه (*Daphne mucronata*) با نام محلی خوشک برای تهیه سرمه بود. سنبل بیابانی که اوایل تابستان برداشت می‌شود، برای رنگ‌کردن پشم گوسفندان مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش فرآوری به این شکل است که ساقه و برگ گیاه همراه با آب در قابلمه‌ای ریخته شده، پس از گرم‌شدن آب و پختن و رنگ دادن گیاه، پشم‌ها در آن فرو برده می‌شوند و به‌وسیله چوبی هم زده می‌شوند تا پشم‌ها به رنگ زرد درآیند. این کار حدود یک تا دو ساعت زمان می‌برد. پس از آن می‌توان رنگ‌های متفاوتی به پشم‌ها زد. درواقع، این کار که گنل‌زنی نامیده می‌شود، با این هدف انجام می‌شود که رنگ پشم‌ها یکدست شده و پشم رنگ را بهتر به خود جذب کند. برای تهیه سرمه نیز از شاخه‌ها و برگ دافنه استفاده می‌شود. روش تهیه آن به این شکل است که قسمت داخلی یک تابه را به چربی گوسفند آغشته کرده، به شکلی که لایه نازکی از چربی روی آن تشکیل شود. سپس آن را روی آتشی از شاخه‌ها و برگ خوشک می‌گذارند تا دود آن به زیر تابه آغشته به چربی بچسبد. قابل‌ذکر است که سوختن خوشک‌ها باید به شکلی باشد که همراه با دود باشد. برای این کار اطراف آتش و تابه را به‌جز چند محل برای ورود هوا محصور می‌کنند تا دود کمتر از آن خارج شود و به تابه بچسبد. پس از این کار، لایه‌ای

- Boycheva, P.; Matinova, V., Ethnobotanical study of medicinal plants for culinary purpose in the North Black Sea coast, Varna region (Bulgaria). *Annuaire de l'Université de Sofia "St. Kliment Ohridski" Faculte de Biologie* **2018**, 103 (4), 172-182.
- Dolatkhahi, M.; Ghorbani Nohooji, M., The most used medicinal plant species of dashtestan (Bushehr province), with

- emphasize on their traditional uses. *Journal of Medicinal Plants* **2013**, *12* (46), 85-105.
- Dolatkhahi, M.; Nabipour, I., Ethnobotanical study of medicinal plants used in the northeast latrine zone of Persian Gulf. *Journal of Medicinal plants* **2014**, *13* (50), 129-143.
- Farnsworth, N. R., The development of pharmacological and chemical research for application to traditional medicine in developing countries. *Journal of Ethnopharmacology* **1980**, *2* (2), 173-181.
- Farnsworth, N. R.; Akerele, O.; Bingel, A. S.; Soejarto, D. D.; Guo, Z., Medicinal plants in therapy. *Bulletin of the world health organization* **1985**, *63* (6), 965.
- Focho, D. A.; Newu, M. C.; Anjah, M. G.; Nwana, F. A.; Ambo, F. B., Ethnobotanical survey of trees in fundong, northwest region, Cameroon. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* **2009**, *5* (1), 1-5.
- Govaerts, R., How many species of seed plants are there? *Taxon* **2001**, *50* (4), 1085-1090.
- Gurib-Fakim, A., Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular aspects of Medicine* **2006**, *27* (1), 1-93.
- Heinrich, M., Ethnobotany and its role in drug development. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives* **2000**, *14* (7), 479-488.
- Hostettmann, K.; Marston, A., Twenty years of research into medicinal plants: results and perspectives. *Phytochemistry Reviews* **2002**, *1* (3), 275-285.
- Kaigongi, M.; Musila, F., Ethnobotanical study of medicinal plants used by Tharaka people of Kenya. *Int J Ethnobiol Ethnomed* **2015**, *1* (1), 1-8.
- Khaleghi, B.; Avatefi Hemmat, M.; Shamekhi, T.; Shirvani, A., Traditional ecological knowledge of medicinal shrubs and herbaceous plants in Arasbaran forest. *Journal of Indigenous Knowledge* **2016**, *2* (4), 205-236.
- Kianifar, J.; Azadbakht, M.; Azadbakht, M.; Davoodi, A., Ethnobotanical Study of Medicinal Plants used in Skin Diseases in the Area Alamut-Qazvin, Iran. *Journal of Medicinal Plants* **2020**, *18* (72), 121-132.
- Mardaninejad, S.; Janghorban, M.; Vazirpour, M., Collection and identification of medicinal plants used by the indigenous people of Mobarakeh (Isfahan), southwestern Iran. *Journal of Medicinal Herbs* **2013**, *4* (1), 23-32.
- Mhaiskar, M.; Rajurkar, B., Ethnobotanical Studies on Some Common Diseases: Transfer of Indigenous Knowledge from Person to Society. *Asian Journal of Research in Botany* **2020**, 38-44.
- Moayeri, M. H.; Abedi-sarvestani, A.; Shahraki, M. R.; Mirhashemi, Z., Social capital and participation: A study among forest inhabitants in Zagros forests in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province. *Journal of Forest Research and Development* **2020**, *6* (1), 15-27.
- Mozaffarian, V., *Identification of medicinal and aromatic plants of Iran*. Farhang-e Moaser Publication, Tehran, 2013; p 1444. (In Persian)
- Mozaffarian, V., *Trees and shrubs of Iran*. Second edition. Farhang-e Moaser Publication, Tehran, 2009; p 991. (In Persian)
- Papp, N.; Czégényi, D.; Hegedus, A.; Morschhauser, T.; Quave, C. L.; Cianfaglione, K.; Pieroni, A., The uses of betula pendula roth among Hungarian csángós and székelys in transylvania, Romania. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **2014**, *83* (2), 113-122.
- Papzan, A.; Hamzehei, F., *An introduction to indigenous knowledge and oral culture research in western Iran*. University of Razi, Kermanshah, Iran, 2006. (In Persian)
- Pourshafi Zanganeh, H., *Harvestable oak galls in Kermanshah province*. M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Iran, 1993. (In Persian)
- Qamariah, N.; Mulia, D. S.; Fakhrial, D., Indigenous Knowledge of Medicinal Plants by Dayak Community in Mandomai Village, Central Kalimantan, Indonesia. *Pharmacognosy Journal* **2020**, *12* (2).):386-390.
- Razavi, M., Indigenous knowledge of using wild plants in the Northeast Khuzestan province (Case study: Izeh), *Journal of Indigenous Knowledge* **2015**, *2* (3), 108-146. (In Persian)
- Sabeti, H., *Forests, Trees and Shrubs of Iran*. 5th edition, University of Yazd Press, Yazd, 2009; p 886. (In Persian)
- Sagheb Talebi, Kh.; Sajedi, T., Pourhashemi, M., *Forests of Iran: a Treasure from the Past, a Hope for the Future*. Springer, 2014; 152 p.

Sawadogo, W. R.; Schumacher, M.; Teiten, M.-H.; Dicato, M.; Diederich, M., Traditional West African pharmacopeia, plants and derived compounds for cancer therapy. *Biochemical pharmacology* **2012**, *84* (10), 1225-1240.

Sharififar, F.; Koohpayeh, A.; Motaghi, M. M.; Amirhosravi, A.; Puormohseni Nasab, E.;

Khodashenas, M., Study the ethnobotany of medicinal plants in Sirjan, Kerman province, Iran. *Journal of Medicinal Herbs* **2010**, *1* (3), 19-28.

Statistical Center of Iran, *Socioeconomic census of nomades-2008, comprehensive results*. Statistical Center of Iran, Tehran, 2009; 144 p.

Traditional knowledge of Zagros forest dwellers related to the medicinal values of woody and herbaceous plants (Case study: Khorramabad forests, Lorestan Province)

M. Pourhashemi^{*1}, A. Bazgir² and P. Panahi³

1- Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (pourhashemi@rifr-ac.ir)

2- Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Lorestan, Khorramabad, I. R. Iran (ahmadbazgir58@yahoo.com)

3- Associate Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I. R. Iran. (panahi@rifr-ac.ir)

Received: 12.05.2020 Accepted: 24.08.2020

Abstract

Ethnobotany is the study of a region's plants through the traditional knowledge of a local culture and people. One of its important branches is related to the medicinal values of plants. Due to the existence of different local communities in the Zagros region and the diversity of traditional knowledge in this area, as well as the lack of information in this field, the study tried to study traditional knowledge related to medicinal properties of plants in the common-law forest area of Chenarkol in Khorramabad city, Lorestan province. Based on the results, 44 woody and herbaceous medicinal and edible (mainly fruit of trees and shrubs) species were identified in the area and their traditional knowledge especially their application and the way of preparation was recorded. Among the plant organs used, fruits and leaves had the largest share with 27% and 23.5%, respectively. Twenty species had only edible use, while only medicinal plants had nine species. Twenty-four species (54.5%) of the plants were used raw, most of which were either edible forest fruits (such as *Pistachia atlantica* and *P. khinjuk*) or as a vegetable (such as *Nasturtium officinale* and *Adiantum capillus-veneris*). The findings confirm that local communities in the area are well acquainted with the region's native medicinal plants and their medicinal and nutritional values, but combining the rich traditional knowledge of the villagers and nomads with the basics of conservation and sustaining the ecosystem is an issue that needs serious attention.

Keywords: Ethnobotany, local community, medicinal properties, oral value, Zagros forests.

* Corresponding author

Tel: +982144787282

تغییرات عناصر ماکرو و میکرو در خاک و برگ نهال‌های توسکا ییلاقی تحت تأثیر تنش غرقابی

آتنا کیان‌مهر^۱، احسان قنبری^{۲*}، قاسم‌علی پاراد^۳، مسعود طبری کوچکسرای^۴ و زهرا بور^۵

- ۱- دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران، ایران. (atena.kianmehr@yahoo.com)
- ۲- دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (ehsan.ghanbary29@yahoo.com)
- ۳- دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (gh.parad64@yahoo.com)
- ۴- استاد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (mtabari@modares.ac.ir)
- ۵- کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران. (Zahra.boor.jangal@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۴/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۶/۱۸

چکیده

غرقابی با تغییر ساختار خاک، تخلیه اکسیژن، تجمع دی اکسیدکربن، ایجاد شرایط بی‌هوایی در خاک، توسعه پوسیدگی ریشه، از بین رفتن قارچ‌های میکوریزی و کاهش متابولیسم ریشه، خاک را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه سبب تجزیه بی‌هوایی مواد آلی و تغییر در غلظت عناصر غذایی خاک و برگ گیاهان می‌شود. در این تحقیق، تغییرات غلظت عناصر غذایی ماکرو و میکرو در خاک و برگ نهال‌های توسکا ییلاقی تحت تأثیر تنش غرقابی خاک در طول ۱۲۰ روز در یک آزمایش میدانی بررسی شد. نهال‌ها در معرض سه تیمار شاهد، غرقابی تا سه و ۱۵ سانتی‌متر بالای سطح خاک قرار گرفتند و در پایان دوره، غلظت عناصر ماکرو و میکرو در خاک و برگ اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که غرقابی تأثیری روی مقدار کلسیم، منیزیم، روی و کربن آلی خاک نداشت، اما سبب کاهش نیتروژن، فسفر و پتاسیم و افزایش غلظت آهن و منگنز خاک شد، اگرچه این افزایش به اندازه‌ای نبود که سبب سمیت خاک شود. در شرایط غرقابی غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، کربن آلی، منیزیم و روی در برگ نهال‌ها کاهش یافت، اما غلظت آهن و منگنز برگ نهال‌ها تا حد زیان‌آور افزایش یافته بود. همچنین بین اغلب عناصر خاک و برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. به‌طور کلی شرایط غرقابی سبب تغییر غلظت بیشتر عناصر در خاک و برگ نهال‌های توسکا ییلاقی شد، که یک پدیده معمول در شرایط کمبود اکسیژن در خاک به‌دلیل تنش غرقابی است.

واژه‌های کلیدی: شرایط بی‌هوایی، عناصر غذایی، کربن آلی، نیتروژن.

مقدمه

افزایش جذب مواد معدنی (Yamauchi et al., 2018;)
 رشد، پیری زودرس، زرد شدن و ریزش برگ هستند
 (Di Bella et al., 2020)، تغییر در تعادل هورمون‌های
 (Glenz et al., 2006; Parad et al., 2014a) معمولاً.
 گیاهان وقتی که یک دوره به نسبت شدید کمبود
 ترکیبات ضروری و یا وفور ترکیبات سمی را تجربه
 کنند، تحت تنش در نظر گرفته می‌شوند (Majidi et al.,
 2016). خاک غرقاب شده تنوعی از فرآیندهای شیمیایی،
 فیزیکی و بیولوژیکی را به وجود می‌آورد که ظرفیت
 خاک را برای رشد گیاه تغییر می‌دهد (Kozłowski,
 1997; Parad et al., 2013b). در یک خاک غرقابی
 CO_2 ، متان، اسیدهای آلی و سولفید هیدروژن آزاد می-
 شود (Kozłowski, 1997) و مقادیر ازت، فسفر، پتاسیم،
 کلسیم، منیزیم، آهن، منگنز، مولیبدن، قلع، روی، مس و
 گوگرد دچار تغییر می‌شود (Kozłowski, 1997).
 Setter et al. (2009) گزارش کردند که تغییر قابلیت
 دسترسی عناصر محلول در خاک‌های غرقابی ممکن
 است موجب آسیب به گیاهان شود. اثرهای متقابل بین
 کاهش پتانسیل احیایی خاک و افزایش یا کاهش مقدار
 عناصر مانند آهن، منگنز، آلومینیوم، سدیم و بور را می-
 توان از دلایل عمده آن برشمرد (Jackson et al.,
 2009). از طرف دیگر، در میان عوامل فیزیولوژیکی
 مرتبط با رشد گیاهان، قابلیت دسترسی عناصر غذایی
 نقش حیاتی را ایفا می‌کند (Manzur et al., 2020).
 مقدار جذب یک ماده غذایی توسط گیاه معمولاً به شکل
 و مقدار توسعه و رشد ریشه، میانگین شعاع ریشه،
 میانگین تراکم ریشه‌های مویی و طول ریشه‌ها وابسته
 است (Ploschuk et al., 2018). تحت شرایط هوادهی
 ضعیف خاک عرضه ناکافی اکسیژن به ریشه‌های گیاه
 جذب و استفاده از عناصر ضروری غذایی مورد نیاز
 رویش گیاهی (نیترژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم،
 آهن، منگنز، مس، روی، مس، بور، مولیبدن، سدیم و

در طبیعت، گیاهان در برابر تنش‌های زیست‌محیطی
 مختلفی مانند شوری، خشکی و غرقابی قرار می‌گیرند
 که رشد آن‌ها را محدود می‌کند (Glenz et al., 2006).
 غرقابی که یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی در
 مناطق پرباران به حساب می‌آید سبب خسارات زیادی
 به بسیاری از اراضی کشاورزی و مناطق طبیعی با
 زهکشی نامناسب وارد می‌کند (Parad et al., 2015).
 هنگامی که حجم آب خاک در لایه سطحی حداقل ۲۰
 درصد بالاتر از ظرفیت زراعی شود، شرایط غرقابی
 اتفاق می‌افتد که منجر به راکد شدن حرکت آب بر روی
 سطح خاک می‌شود (Buraschi et al., 2020). مهم‌ترین
 تأثیر غرقابی روی خاک، کاهش اکسیژن خاک اطراف
 ریشه گیاهان است که به دنبال آن شرایط بی‌هوایی در
 خاک ایجاد خواهد شد و فرآیندهای فیزیولوژیک در
 شرایط کمبود اکسیژن سبب می‌شود که تنفس به صورت
 بی‌هوایی درآید (Glenz et al., 2006). این وضعیت
 محدودیت شدیدی برای رشد گیاهان به وجود می‌آورد
 (Parad et al., 2014a). تنش همچنین ممکن است
 مراحل مختلف رویش گیاه را با شدت‌های مختلف
 تحت تأثیر قرار دهد. به طوری که مرحله استقرار نهال‌ها
 و گل‌دهی به طور ویژه‌ای حساس‌تر هستند (Glenz et
 al., 2006). تأثیر منفی غرقابی روی اعمال حیاتی گیاه
 و سلامت خاک در پژوهش‌های متعددی مورد تأکید
 قرار گرفته است (Parad et al., 2013a; Kotula et al.,
 2019; Kidd et al., 2020). اندکی پس از تنش غرقابی،
 تغییرات متوالی در متابولیسم و فرآیندهای فیزیولوژیکی
 گیاهان به وجود می‌آید. کاهش جذب عناصر غذایی و
 بسته شدن روزنه‌ها که منجر به کاهش نرخ فتوسنتز می-
 شود، مانند پاسخ‌های ابتدایی گیاه به تنش غرقابی است
 (Ploschuk et al., 2020; Manzur et al., 2020).
 تغییرات بعدی شامل کاهش تراوایی ریشه‌ها، کاهش یا

موجب کاهش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و افزایش مقدار آهن و منگنز در برگ نهال‌ها شد. با عنایت به مطالب بیان شده، شناخت پاسخ تغذیه ای نهال‌های گونه‌های جنگلی موجود در مناطق جلگه ای و سیلابی به شرایط کمبود اکسیژن در خاک به دنبال غرقابی، در تدوین برنامه‌های مدیریتی برای حفاظت و بهره‌برداری مناسب از این اکوسیستم‌ها حائز اهمیت است، از این‌رو هدف از این پژوهش، بررسی مقدار تغییرات عناصر تغذیه‌ای و سنگین در خاک و برگ نهال های گونه توسکا بیلاقی تحت تیمارهای مختلف غرقابی خاک در یک آزمایش صحرائی است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از نهال‌های گلدانی یک‌ساله گونه توسکا بیلاقی پرورش‌یافته در نهالستان کلوده استفاده شد. شایان ذکر است بذور توسکا از منطقه‌ای واقع در ۳۰ کیلومتری شهرستان آمل به سمت جاده هراز با ارتفاع ۴۰۰ متر از سطح دریا تهیه شده بودند. گلدان‌ها در اواخر زمستان ۱۳۹۶ در یک فضای جداگانه نگهداری و مطابق مدیریت رایج نهالستان تا اواخر اردیبهشت آبیاری (بارانی) و وجین شدند. سپس نهال‌ها از گلدان های پلاستیکی خارج و در گلدان‌های بزرگ‌تری (۲۲ × ۲۳ سانتی‌متر) با کاشت شدند. خاک مورد استفاده گلدان‌ها به نسبت شش سهم خاک رایج نهالستان (بافت لومی رسی) و یک سهم ماسه (بدون اضافه کردن کود) با pH برابر با ۸/۰۴ بود. گلدان‌ها پس از گذشت ۱۰ روز از نهالستان کلوده به دانشکده منابع طبیعی نور برای انجام تنش غرقابی منتقل شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و تیمار رژیم آبی در سه سطح شاهد، غرقابی سطح یک (سه سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک گلدان‌ها) و غرقابی سطح دو (۱۵ سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک گلدان‌ها) و با ۴ تکرار ۴ تایی مورد آزمایش

کلر) را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Kozlowski, 1997). غرقابی فرآیند آمونیفیکاسیون نیتروژن خاک را افزایش می‌دهد، درحالی‌که فرآیند نیتریفیکاسیون را کند می‌کند. علاوه بر این، عناصر سنگین (مانند آهن، منگنز و روی) ممکن است به حالت محلول درآمده و سبب آلودگی و سمیت خاک شوند (Parad et al., 2014b). در این شرایط، گیاهان سازگار به شرایط غرقابی از طریق تولید ریشه‌های نابجا در قسمت‌های بالایی، اکسیژن لازم برای قسمت‌های غوطه‌ور در آب را فراهم می‌کنند (Striker and Colmer, 2017). طی تحقیقی که توسط Schnull and Thomas (2000) روی گونه‌های *Fagus sylvatica* و *Q. petraea*, *Quercus robur* L. با غرقابی متناوب به مدت ۱۷ هفته انجام شد، غلظت کلسیم و پتاسیم در هر سه گونه تحت تأثیر غرقابی کاهش یافته بود. در گونه *Fagus sylvatica* غلظت منگنز و آهن در نهال‌های غرقابی نسبت به شاهد بیشتر بود. همچنین، Kreuzwieser et al. (2002) اثرهای غرقابی را روی متابولیسم نیتروژن گونه‌های *Fagus sylvatica* و *Quercus robur sylvatica* مورد آزمایش قرار دادند. به‌طور کلی، غرقابی به شدت متابولیسم نیتروژن را در گونه *F. sylvatica* تحت تأثیر قرار داده بود، درحالی‌که تأثیر کمتری روی گونه *Q. robur* داشت و تقریباً هیچ‌گونه تأثیری روی گونه *P. alba* نداشت. در پژوهشی که Chen et al. (2005) روی اکوفیزیولوژی گونه *Lepidium latifolium* تحت تنش غرقابی با عمق یک سانتی‌متر در طول ۵۰ روز داشتند، غلظت نیتروژن، پتاسیم، فسفر و روی در برگ گیاهان غرقابی نسبت به شاهد کمتر بود. از طرف دیگر، غلظت آهن و منگنز گیاهان غرقاب شده به ترتیب در برگ دو و هشت برابر و در ریشه ۱۵ و ۱۵۰ برابر نسبت به شاهد بیشتر بود. به‌علاوه، Parad et al. (2014b) در تحقیقی روی بلندمازو دریافتند که در پایان دوره ۵ ماهه، غرقابی

غرقابی ۳ سانتی متر هر روز آب‌دهی تا سطح ۳ سانتی - متری بالای سطح خاک گلدان‌ها (با توجه به شرایط جوی به طور متوسط حدود ۰/۷۵ لیتر) انجام شد. همچنین در سطح ۲ غرقابی هر ۲ روز (تا رسیدن به سطح مورد نظر) آب‌دهی انجام شد.

برای اندازه‌گیری عناصر برگ در پایان دوره، برای هر تکرار، نمونه‌های برگ از قسمت بالایی نهال گرفته شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای 70°C در آن خشک شدند. نمونه‌های خاک نیز از گلدان‌ها تهیه و خشک شد و با استفاده از الک ۲ میلی متر غربال شدند. برای تعیین مقدار آهن، منگنز، روی، پتاسیم، کلسیم و منیزیم از دستگاه جذب اتمی (Riberio et al., 2002) برای تعیین غلظت نیتروژن از دستگاه کج‌دال و برای تعیین غلظت فسفر نیز به روش مولیدن و وانادات، از دستگاه اسپکتروفتومتر استفاده شد (Riberio et al., 2002). برای تعیین کربن آلی خاک از روش والکلی و بلک استفاده شد (Nelson and Sommers, 1983). برای اندازه‌گیری مقدار مواد آلی برگ، از هر تکرار مقدار ۲ گرم برگ خشک‌شده وزن شد و پس از قراردادن در داخل کوره با دمای 500°C ، مقدار خاکستر به دست آمده را توزین نموده و آن مقدار را از وزن اولیه کم کرده و عدد حاصل به‌عنوان ماده آلی در نظر گرفته شد و همچنین ۵۸ درصد ماده آلی به‌عنوان کربن مدنظر قرار گرفت (Xuluc-Tolosa et al., 2003).

تجزیه و تحلیل

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS.17 و طراحی نمودار با نرم‌افزار Excel انجام شد. برای بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف و همگنی واریانس از آزمون لون استفاده شد. در صورت نرمال بودن داده‌ها برای تعیین سطح معنی‌داری از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Duncan در سطح اطمینان ۵ درصد استفاده شد.

قرار گرفت. برای اجرای آزمایش از بین ۶۰ نهال موجود تعداد ۴۸ اصله از بهترین و همسان‌ترین نهال‌ها انتخاب شد. آزمایش در شرایط باز محیط در محوطه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس، شهرستان نور و طی یک دوره ۱۲۰ روزه انجام شد. همچنین، میانگین حداقل و حداکثر دما و متوسط مقدار بارش در طول دوره آزمایش، به ترتیب ۱۹، ۴۰ درجه سانتی‌گراد و ۷۱ میلی - متر بود. بعد از بازکاشت و قبل از اعمال غرقابی خاک گلدان‌ها بر اساس ظرفیت زراعی مورد آب‌دهی قرار گرفت و برای زهکشی بهتر نهال‌ها زیر هر یک از گلدان‌ها منفذ ایجاد شد. در اواسط خرداد ۱۳۹۷، تیمار غرقابی در سه سطح شاهد (آب‌دهی بر اساس ظرفیت زراعی خاک مورد استفاده در گلدان) غرقابی به اندازه ۳ سانتی متر بالای سطح خاک (غرقابی سطحی) و غرقابی به اندازه ۱۵ سانتی متر بالای سطح خاک (غرقابی عمقی) مورد آزمایش قرار گرفت و تا اواسط مهر ادامه داشت. برای اعمال غرقابی با سطح ۱۵ سانتی متر، قبلاً یک حوضچه (۲/۵ متر عرض و ۳/۵ متر طول و ۰/۵ متر عمق) با استفاده از بلوک ساخته و سطوح جانبی داخلی آن با کیسه پلاستیکی پوشیده شده تا مانع از زهکشی خاک شود و سپس نهال‌های گلدانی در آن‌ها قرار داده شدند و حوضچه تا سطح ۱۵ سانتی متر بالای خاک گلدان از آب پر شد. برای حفظ حالت غرقابی عمقی روزانه مقداری آب به حوضچه اضافه می‌شد که سطح غرقابی حدود ۱۵ سانتی متر بالای سطح خاک گلدان حفظ شود (با توجه به اینکه مقدار حجم آبی که روزانه در داخل حوضچه هدر می‌رفت قابل اندازه‌گیری نبود، در نتیجه مقدار آبی که روزانه اضافه می‌شد مشخص نبود). در غرقابی سطحی، برای عدم نفوذ آب گلدان و زهکشی خاک، نهال‌ها ابتدا در داخل نایلون - هایی که بدون منفذ بوده، قرار گرفت و سپس به گلدان - های پلاستیکی منتقل شد. برای حفظ حالت سطح

و ضریب کشیدگی در جدول ۱ و ۲ ارائه شده است. نزدیک بودن مقادیر میانگین و میانه و همچنین دامنه تغییرات ضریب چولگی و کشیدگی نشان‌دهنده نرمال بودن تقریبی داده‌ها است. ضریب تغییرات نشان می‌دهد تغییرپذیری عناصر در منگنز کمترین مقدار و در نیتروژن و فسفر بیشترین مقدار بوده و در کل تغییرپذیری عناصر پایین بوده است. در برگ بیشترین درصد تغییرپذیری در پتاسیم و کمترین درصد در کربن بوده است.

آنالیز داده‌های غیرنرمال با استفاده از آزمون‌های ناپارامتریک معادل پارامتریک انجام شد و برای تعیین ارتباط بین عناصر خاک و برگ نیز از رگرسیون خطی استفاده شد.

نتایج

آمار توصیفی عناصر غذایی ماکرو و میکرو اندازه‌گیری شده در خاک و برگ شامل آماره‌های میانگین، میانه، کمینه و بیشینه، دامنه، ضریب تغییرات، ضریب چولگی

جدول ۱- نتایج آمار توصیفی عناصر ماکرو و میکرو خاک در نهال‌های توسکا ییلاقی

Table 1. Descriptive statistics of soil macro and micro elements in *Alnus subcordata* seedlings

عناصر Elements	میانگین Mean	میانه Median	کمینه Min	بیشینه Max	دامنه Range	ضریب تغییرات Coefficient of variation	ضریب چولگی Skewness	ضریب کشیدگی Kurtosis
نیتروژن (درصد) N (percent)	0.35	0.315	0.21	0.61	0.4	0.41	0.842	-0.654
فسفر (ppm) P (ppm)	0.48	0.396	0.25	0.87	0.63	0.41	1.05	0.154
پتاسیم (ppm) K (ppm)	10.05	10	5.5	15.6	10.1	0.33	0.185	-0.796
کلسیم (ppm) Ca (ppm)	88.16	88.5	71	106.5	35.5	0.12	0.042	-0.424
منیزیم (ppm) Mg (ppm)	26.42	27.05	18.05	30.6	12.55	0.13	-1.619	3.597
آهن (ppm) Fe (ppm)	11511.1	12662.5	7318.75	13581.25	6262.5	0.21	-1.08	-0.583
منگنز (ppm) Mn (ppm)	253.66	262.5	205.75	282	76.25	0.1	-1.22	0.373
روی (ppm) Zn (ppm)	30.5	30.25	24.75	38	13.25	0.12	0.582	0.728
کربن (درصد) C (percent)	0.34	0.33	0.24	0.48	0.24	0.22	0.335	-0.061

جدول ۲- آمار توصیفی عناصر ماکرو و میکرو برگ در نهال‌های توسکا ییلاقی

عناصر	میانگین	میانه	کمینه	بیشینه	دامنه	ضریب تغییرات	ضریب چولگی	ضریب کشیدگی
Elements	Mean	Median	Minimum	Maximum	Range	Coefficient of variation	Skewness	Kurtosis
نیتروژن (درصد)	2.54	1.56	1.20	4.94	3.74	0.67	0.831	-1.686
N (percent)								
فسفر (ppm)	116.62	101.56	76.36	181.75	105.39	0.32	0.515	-1.185
P (ppm)								
پتاسیم (ppm)	3343.33	2100.00	320.00	7300.00	6980.00	0.83	0.619	-1.429
K (ppm)								
کلسیم (ppm)	5755.55	4300.00	1200.00	11400.00	10200.00	0.63	0.720	-0.743
Ca (ppm)								
منیزیم (ppm)	2455.55	2250.00	1160.00	4280.00	3120.00	0.41	0.675	-0.495
Mg (ppm)								
آهن (ppm)	307.61	387.00	93.50	477.00	383.50	0.51	-0.530	-1.790
Fe (ppm)								
منگنز (ppm)	102.66	120.00	33.00	170.00	137.00	0.49	-0.457	-1.455
Mn (ppm)								
روی (ppm)	36.50	32.50	20.00	58.50	38.50	0.36	0.549	-0.852
Zn (ppm)								
کربن (درصد)	3.86	3.65	2.26	5.48	3.22	0.31	-0.016	-1.731
C (percent)								

عناصر خاک

غرقابی سطحی و عمقی تفاوتی وجود نداشت (شکل ۱). هر دو عنصر آهن و منگنز خاک در شرایط غرقابی افزایش یافتند، اما در بین سطوح غرقابی فرقی نکردند. (شکل ۱). غرقابی تأثیر معنی‌داری روی غلظت عناصر منیزیم، کلسیم، روی و کربن آلی خاک نهال‌ها نداشت (شکل ۱).

همان‌طور که نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان می‌دهد بین غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز در خاک نهال‌ها در سطوح مختلف تیمار اختلاف معنی‌داری ($p < 0.05$) وجود دارد (جدول ۳). شرایط غرقابی موجب کاهش غلظت عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک نهال‌ها شد و بین دو سطح

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) عناصر خاک در سطوح مختلف تیمار

Table 3. Results of One-way ANOVA analysis for soil elements in different treatment

P- value	F- value	عناصر خاک
		Leaf elements
0.004**	15.72	نیتروژن (درصد)
		N (percent)
0.004**	16.44	فسفر (ppm)
		P (ppm)

** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱. * معنی‌داری در سطح ۰/۰۵. ns عدم تفاوت معنی‌دار

** : $P \leq 0.01$, * : $P \leq 0.05$, ns : $P > 0.05$

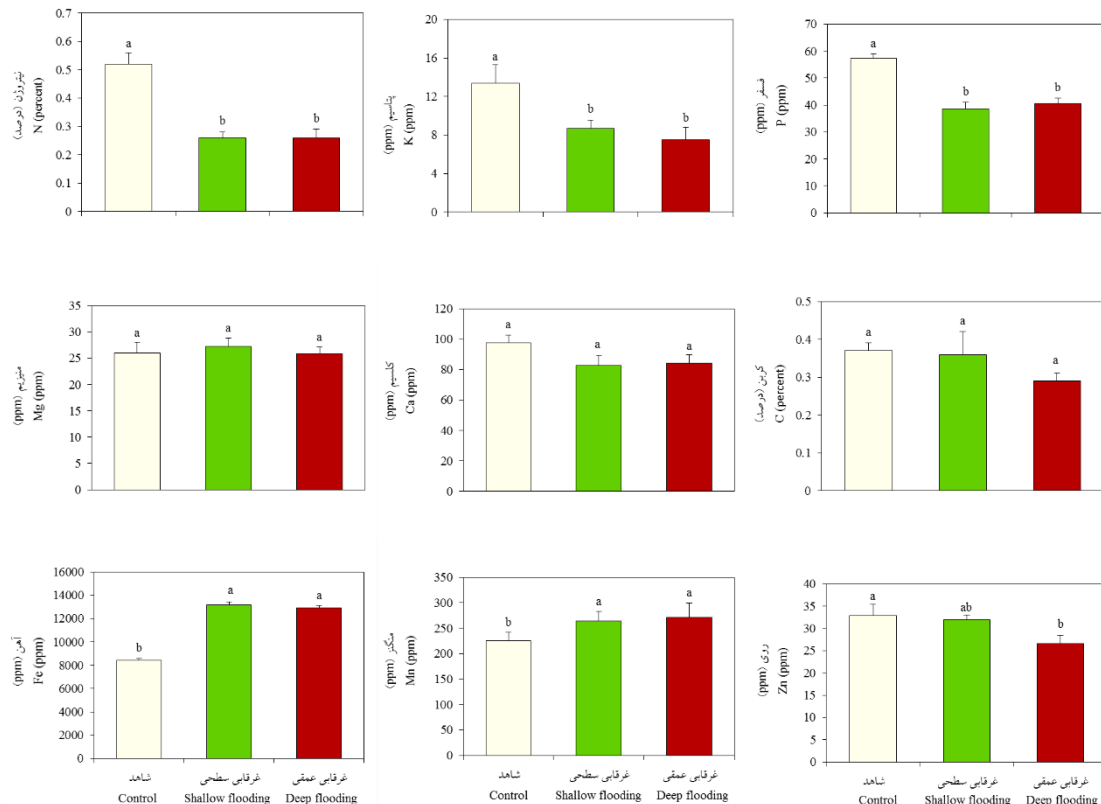
ادامه جدول ۳.

Continued table 3.

P- value	F- value	عناصر خاک Leaf elements
0.023*	7.06	پتاسیم (ppm) K (ppm)
0.211 ^{ns}	2.02	کلسیم (ppm) Ca (ppm)
0.913 ^{ns}	0.093	منیزیم (ppm) Mg (ppm)
0.001**	25.72	آهن (ppm) Fe (ppm)
0.041*	5.67	منگنز (ppm) Mn (ppm)
0.073 ^{ns}	4.169	روی (ppm) Zn (ppm)
0.513 ^{ns}	0.748	کربن (درصد) C (percent)

** معنی داری در سطح ۰/۰۱، * معنی داری در سطح ۰/۰۵، ns عدم تفاوت معنی دار

** : $P \leq 0.01$, * : $P \leq 0.05$, ns : $P > 0.05$



شکل ۱- مقایسه میانگین عناصر خاک نهال در سطوح مختلف تیمار با استفاده از آزمون Duncan، معنی داری در سطح ۰/۰۵

Figure 1. Mean comparison of soil elements in different treatment by Duncan test ($P < 0.05$)

عناصر برگ

سطوح غرقابی تفاوتی وجود ندارد. همچنین غلظت آهن و منگنز برگ در نهال‌های غرقابی در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (شکل ۲). به‌علاوه، مقدار منگنز و آهن برگ نهال‌ها در سطوح غرقابی بیشتر از مقدار متوسط این عنصر در گیاه بود (جدول ۲)، همچنین مقدار روی برگ نهال‌ها در تمامی سطوح تیمار مطابق مقدار متوسط بود.

نتایج آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین همه عناصر برگ نهال‌ها در سطوح مختلف تیمار اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴).

همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود غلظت عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، روی، کربن آلی و کلسیم در برگ نهال‌های توسکا در سطوح غرقابی نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و بین

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) عناصر برگ در سطوح مختلف تیمار

Table 4. Results of One-way ANOVA analysis for leaf elements in different treatment

P- value	F- value	عناصر برگ Leaf elements
0.000**	32.80	نیتروژن (درصد) N (percent)
0.022*	7.76	فسفر (ppm) P ppm
0.000**	60.22	پتاسیم (ppm) K (ppm)
0.003**	17.33	کلسیم (ppm) Ca (ppm)
0.009**	11.39	منیزیم (ppm) Mg (ppm)
0.000**	38.62	آهن (ppm) Fe (ppm)
0.037*	6.02	منگنز (ppm) Mn (ppm)
0.042*	4.853	روی (ppm) Zn (ppm)
0.025*	7.26	کربن (درصد) C (percent)

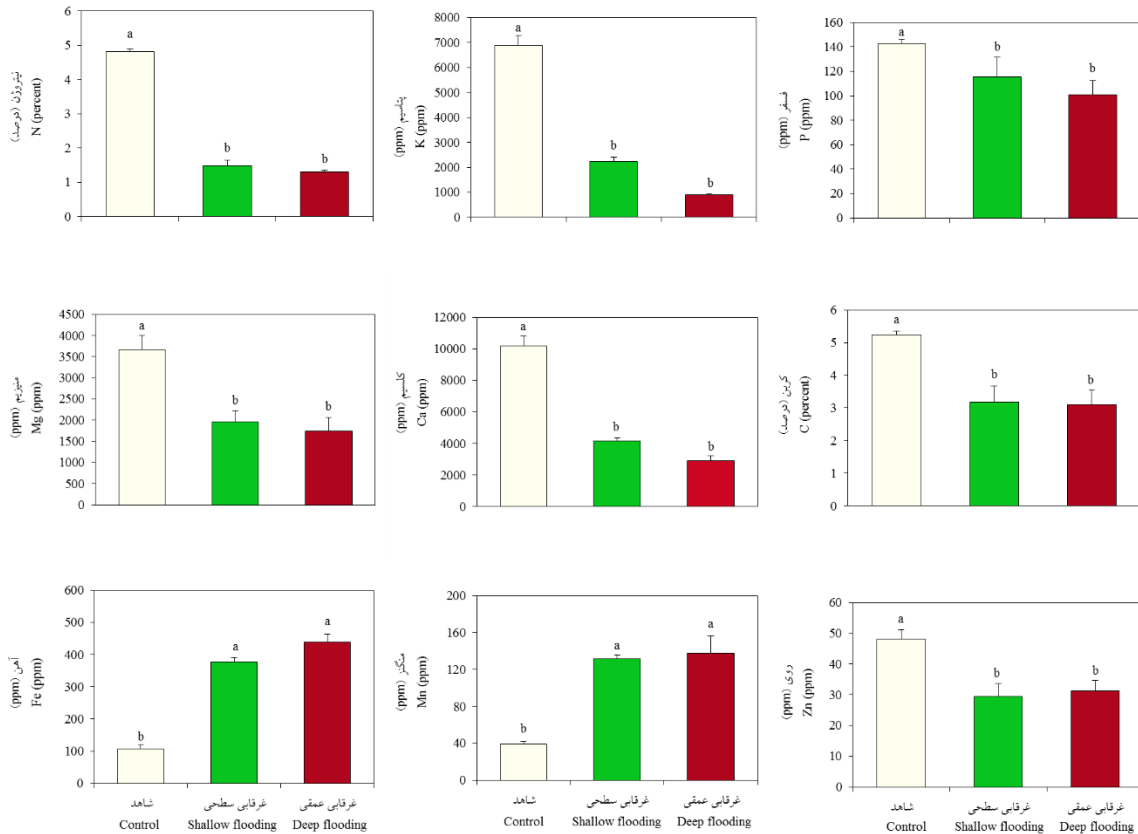
** معنی‌داری در سطح ۰/۰۱. * معنی‌داری در سطح ۰/۰۵. ns عدم تفاوت معنی‌دار

** : $P \leq 0.01$, * : $P \leq 0.05$, ns : $P > 0.05$

ارتباط بین عناصر خاک و برگ

مثبت و معنی‌داری وجود دارد، ولی بین غلظت منیزیم خاک و برگ همبستگی معنی‌دار و منفی موجود است. همچنین در عناصر کلسیم، روی و کربن آلی همبستگی معنی‌داری بین خاک و برگ وجود نداشت.

شکل ۳ ارتباط عناصر خاک و برگ در نهال‌های توسکا بیلاقی را نشان می‌دهد. بین غلظت عناصر نیتروژن، آهن، منگنز، فسفر و پتاسیم خاک و برگ همبستگی



شکل ۲- مقایسه میانگین عناصر برگ نهال در سطوح مختلف تیمار با استفاده از آزمون Duncan، معنی داری در سطح ۰/۰۵.

Figure 2. Mean comparison of leaf elements in different treatment by Duncan test (P<0.05)

در شرایط غرقابی به شکل مسمومیت و یا کمبود عناصر غذایی ظاهر می‌شود.

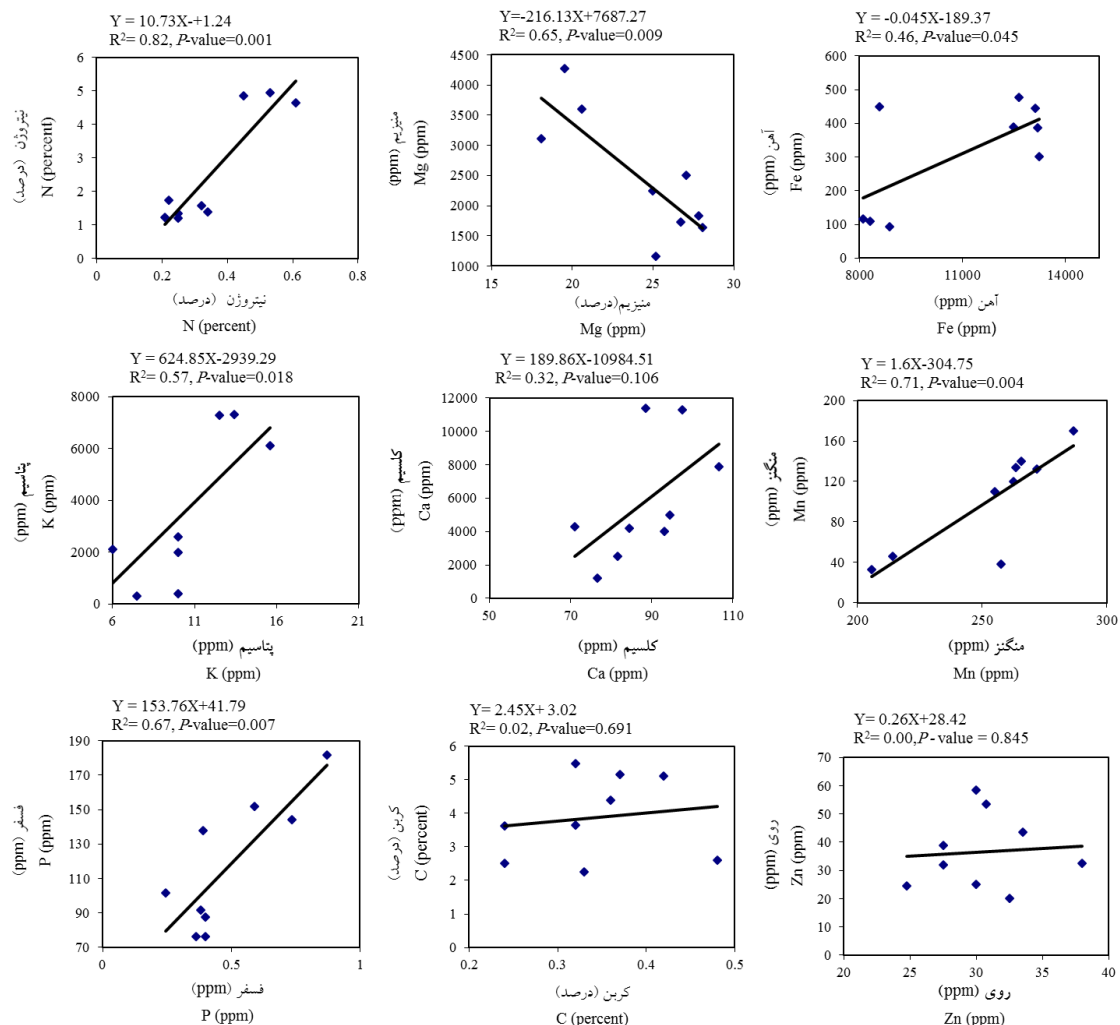
تحت شرایط غرقابی پتانسیل اکسایش-کاهش محیط خاک تغییر یافته و در نتیجه مشخصه‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تغییر می‌یابد (Guifeng et al., 2008). در این پژوهش، غرقابی سبب تغییر غلظت برخی عناصر خاک شد که این تغییر در عناصر سنگین آهن، منگنز و عناصر ماکرو پتاسیم و نیتروژن نسبت به بقیه قابل ملاحظه‌تر بود. سطوح غرقابی سطحی و عمقی تأثیرات یکسانی بر مقدار تغییرات عناصر داشت. Gilliam et al. (1999) گزارش کردند تحت تأثیر غرقابی، غلظت نیتروژن، فسفر و کلسیم خاک کاهش و غلظت آهن و منگنز افزایش یافت، همچنین غلظت روی، پتاسیم و منیزیم تغییری

بحث

گیاهان در هر مرحله از رشد و نمو خود به مقدار کافی از عناصر ماکرو (ازت، فسفر و پتاسیم) و میکرو (آهن، روی و منگنز) نیاز دارند که این مواد غذایی نقش مهمی در فرآیندهای مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی برای افزایش مقاومت در مقابل تنش‌های زیست محیطی ایفا می‌کنند (Fageria et al., 2002; López Arredondo et al., 2013). غرقابی اثرهای نامطلوب شدیدی بر وضعیت شیمیایی و زیستی خاک دارد و می‌تواند سبب ایجاد محیط بی‌هوایی در خاک شود که تأثیرات آن به صورت کاهش در جذب آب و عناصر تغذیه‌ای از طریق ریشه در گیاهان تحت تنش ظاهر شود (Di Bella et al., 2020). تنش عناصر غذایی

توجهی نداشتند. Sahrawat (2005) گزارش کرد که به طور کلی غلظت نیتروژن، کربن آلی، یون‌های فریک (Fe^{3+}) و روی در خاک‌های غرقابی کاهش یافت.

نکرد. Gilmour and Gale (1998) در تحقیقی مشاهده کردند که غلظت منیزیم، پتاسیم، کلسیم، روی و مس در خاک‌های غرقابی به‌طور جزئی کاهش و یا تغییر قابل



شکل ۳- رابطه رگرسیونی عناصر خاک و برگ در نهال‌های توسکا بیلاقی. محور افقی مربوط به عناصر خاک و محور عمودی عناصر برگ است

Figure 3. Regression of soil and leaf elements in *Alnus subcordata* seedlings. The horizontal axis represents soil elements and the vertical axis represents leaf elements

نیتروژن از طریق دنیتریفیکاسیون اتفاق می‌افتد، که در آن نیترات به‌عنوان پذیرنده الکترون برای میکروبی‌های بی‌هوازی عمل می‌کند (Kozłowski, 1997).
تحت شرایط غرقابی، محلول‌های آهن و منگنز در خاک و برگ گیاه افزایش می‌یابد (Parad et al., 2014b). برخی پژوهشگران عقیده دارند که غلظت

گیاهان در معرض تنش غرقابی با کمبود نیتروژن مواجه هستند. یکی از عوامل کاهش نیتروژن تحت تنش غرقابی این است که در خاک‌های غرقابی NO_3^- به سرعت تخلیه شده، به‌طوری که اکسیژن به‌سرعت توسط موجودات خاک مصرف شده و موجب توسعه شرایط بی‌هوازی می‌شود. در نتیجه ازدست رفتن

گیاهان شود (Mancuso and Shabala, 2010). الگو- های پاسخ نهال‌های توسکا بیلاقی به غرقابی مشابه نتایج به‌دست‌آمده از دیگر تحقیقات است (Pezeshki, Chen et al., 2001, Striker and Colmer., 2017, et al., 2005). غلظت نیتروژن همانند غلظت‌های فسفر، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، کربن و روی تحت تأثیر شرایط غرقابی کاهش یافت و مشاهده شد که برگ‌های گیاهان غرقاب‌شده نسبت به گیاهان شاهد تغییر رنگ داده و شروع به ریزش کردند که به‌نظر می‌رسد یکی از عوامل این اتفاق به‌دلیل پدیده نیترات‌زدایی است. در پی این فرآیند بخشی از نیتروژن خاک به‌صورت گاز از محیط خاک و از دسترس گیاه خارج می‌شود، در نتیجه انتقال آن به اندام هوایی گیاه هم کاهش می‌یابد و علائم آن به‌صورت تغییر رنگ برگ‌های مسن گیاه به سبز روشن تا زردی کامل پدیدار می‌شود (Kozłowski, 1997). کاهش تجمع نیتروژن در اندام‌های هوایی گیاهان تثبیت‌کننده ازت در شرایط غرقابی تا حدودی نتیجه کاهش در گره‌های حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده ازت (*Rhizobium spp.*) در ریشه‌های آن‌ها است (Kaelke and Dawson, 2003).

در تنش غرقابی با تبدیل Fe^{3+} و Mn^{3+} به Fe^{2+} و Mn^{2+} که فوق‌العاده محلول هستند، جذب آهن و منگنز توسط ریشه‌ها به‌شدت افزایش یافته، در نتیجه سبب مسمومیت گیاه می‌شوند (Colmer et al., 2019). علائم مسمومیت در وهله اول شامل کلروزه و نکروزه شدن حاشیه برگ‌ها است و همچنین ممکن است موجب مسمومیت ریشه‌ها شود (Hasanzadeh Ghort Tapeh and Ghiasi, 2008). در تحقیق حاضر، مقدار منگنز و آهن برگ نهال‌ها تحت تأثیر غرقابی بیشتر از مقدار متوسط این عناصر در گیاه با خاک غیراشباع بود که ممکن است موجب مسمومیت گیاه شده باشد. همچنین افزایش مقدار آهن در ریشه نهال‌ها ممکن است موجب

بالای محلول‌های آهن در رویشگاه‌های غرقابی ممکن است فراوانی گونه‌ها را کاهش داده و یا آن‌ها را حذف کند (Jones and Etherington, 1970). البته در این پژوهش اگرچه مقدار عناصر آهن و منگنز در خاک تحت تأثیر غرقابی افزایش یافت اما مقدار این عناصر مطابق با مقدار متوسط بود. در این ارتباط (2012) Salardini مقدار متوسط آهن در خاک را بین ۵۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰ و مقدار منگنز را بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام عنوان کردند که طبق نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که غرقابی موجب مسمومیت خاک نشده است. همچنین در این پژوهش، تحت تأثیر غرقابی مقدار بیشتر عناصر برگ به‌جز آهن و منگنز که غلظت آن‌ها افزایش یافته بود، کاهش یافت و شدت تغییرات در غلظت نیتروژن، پتاسیم، منگنز و آهن قابل ملاحظه‌تر بود. به‌علاوه، تفاوتی بین دو سطح غرقابی سطحی و عمقی روی تغییرات عناصر مورد اندازه‌گیری در برگ مشاهده نشد. تنش غرقابی ممکن است جذب آب و عناصر را به‌طور مستقیم از طریق افزایش نفوذپذیری ریشه‌ها در آب و به‌طور غیرمستقیم از طریق کاهش اندازه و حجم ریشه گیاهان، به‌علاوه کاهش جذب یون در واحد وزن ریشه به‌شدت کاهش دهد (Alam, 1999; Mancuso & Shabala, 2010). شواهد زیادی نشان می‌دهد که اختلال در عملکرد جذب مواد غذایی به‌وسیله ریشه‌ها تحت تأثیر غرقابی عمدتاً به‌دلیل فقدان اکسیژن همراه با اثرهای مضر متابولیکی است (Chapin, 1999). (Pang et al., 2007) نشان دادند که تحت شرایط ناکافی اکسیژن تخمیر محصولات حاصل از میکروب‌های خاک می‌تواند منجر به کاهش جذب یون‌ها شود. همچنین پایین‌بودن تنظیمات سیستم انتقالی که یک نوع استراتژی صرفه‌جویی انرژی در گیاهان است، می‌تواند موجب کاهش جذب مواد غذایی در

کمتری روی تجمع کلسیم و منیزیم نسبت به نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ داشته باشد. از این رو، غلظت آن‌ها به اندازه‌ای که در نیتروژن، فسفر و پتاسیم کاهش می‌یابد، تغییر نمی‌کند. با این حال، غلظت آن‌ها ممکن است به‌طور جزئی کاهش یابد و محتوای کلی آن‌ها نیز به دلیل متوقف شدن شدید رشد، کاهش محسوسی داشته باشد (Kozlowski, 1997).

نتایج نشان داد که بین غلظت بیشتر عناصر برگ و خاک همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. به‌طور کلی افزایش غلظت عناصر غذایی در گیاه به علت افزایش غلظت این عناصر در خاک است (Singh and Bhati, 2005, Rattan et al., 2005). در واقع عامل اصلی تعیین‌کننده غلظت عناصر در گیاه، محتوای عناصر موجود در خاک است (Rattan et al., 2005). Klinka (1997) and Wang نیز گزارش دادند که بین مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ توده‌های طبیعی *Picea glauca* با مقدار همین عناصر در خاک ارتباط مثبتی وجود دارد. با این وجود (Sharma et al., 2007) با توجه به بررسی انجام شده مشاهده کردند که ضریب همبستگی عناصر خاک و گیاه در طول فصول مختلف سال تغییر می‌کند.

به‌طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که غرقابی تأثیر منفی روی تغییرات غلظت عناصر غذایی ماکرو و میکرو برگ نهال‌های توسکا بیلاقی دارد. در واقع، تحت شرایط کمبود اکسیژن ناشی از شرایط مذکور، پتانسیل سیستم جذب ریشه تحت تأثیر قرار گرفته و در نتیجه سبب تغییر مقدار عناصر مختلف در گیاه می‌شود، که اثرهای این عامل به‌صورت سوختگی، نکروزه شدن و کلروزه شدن برگ خود را نشان داد. تفاوتی بین اثرهای غرقابی سطحی و عمقی روی تغییرات غلظت عناصر مورد اندازه‌گیری شده در خاک و برگ مشاهده نشد که نشان می‌دهد هر دو سطح تنش موجب ایجاد شرایط

کاهش جذب دیگر عناصر مانند فسفر شود (Yamauchi et al., 2018). (Pezeshki et al., 1999). گزارش کردند که غرقابی موجب کاهش مقدار منیزیم، فسفر، کلسیم و روی و افزایش آهن و منگنز در *Quercus nuttallii* و *Q. falcata* شد، در حالی که تأثیر خیلی جزئی روی مقدار این عناصر در سرو تالاب داشت. علاوه بر این (Parad et al., 2014b) نشان دادند که تنش غرقابی به‌طور معنی‌داری سبب کاهش غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و کلسیم در برگ گونه بلندمازو (*Quercus castaneifolia*) شد. همچنین کاهش مقدار روی در گیاهان تحت تنش غرقابی در بسیاری از پژوهش‌های گزارش شده است (Kashem and Singh, Vandecasteele et al., 2005). در نهال‌های ۴ ماهه گونه *Pinus taeda* L. تنش غرقابی غلظت کلی نیتروژن، روی، پتاسیم، فسفر، منیزیم، کلسیم و منگنز را کاهش یافته بود (Hook et al., 1983).

فسفر و پتاسیم از عناصر ماکرو هستند که رابطه تنگاتنگی بین غلظت آن‌ها در گیاه با شرایط تهویه خاک وجود دارد، به‌طوری‌که تحت تنش غرقابی کمبود آن‌ها در گیاهان مشاهده می‌شود (Hasanzadeh Ghort, Tapeh and Ghiasi, 2008). اثرهای بازدارندگی غرقابی روی جذب پتاسیم و فسفر همانند نیتروژن است و به‌دنبال غرقابی به دلیل تخریب سیستم ریشه‌ای غلظت فسفر و پتاسیم گیاه کاهش می‌یابد (Yamauchi et al., 2018). به نظر می‌رسد غرقابی سبب تغییر پتانسیل اکسایش-کاهش خاک شده که این امر جذب و آزادسازی فسفر و پتاسیم را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Cheng and Meng, 2020). کلسیم و منیزیم که از مهم‌ترین ترکیبات کلروفیل بوده که نقش مهمی در رشد و نمو گیاهان ایفا می‌کنند (Hashimoto and Kudla, 2011). به نظر می‌رسد غرقابی اثرهای بازدارندگی

محیط و همچنین شرایط رشد و پتانسیل گیاه برای مقابله با تنش‌های محیطی داشته باشد، بنابراین مدیریت صحیح مواد غذایی برای گیاه در شرایط تنش‌های زیستی بسیار ضروری است (Hossain et al., 2020). با توجه به تغییرات آب و هوایی و امکان بروز حوادث تنش‌زای زیست محیطی در آینده، شناخت و استفاده از گونه‌هایی که تحت تأثیر غرقابی از نظر شرایط جذب عناصر ماکرو و میکرو مقاومت و سازگاری بهتری دارند، می‌توان برای احیای مناطق باتلاقی و حاشیه رودخانه راهکار مناسبی باشد. پژوهش‌های آتی باید تأثیر سطوح دیگر تنش غرقابی را در دوره‌های متفاوت تر و روی گونه‌های دیگر برای دست‌یابی به اطلاعات علمی دقیق‌تر مورد بررسی قرار دهند.

References

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

Buraschi, F. B.; Mollard, F. P.; Grimoldi, A. A.; Striker, G. G., Eco-physiological traits related to recovery from complete submergence in the model legume *Lotus japonicus*. *Plants* **2020**, 9 (4), 538.

Chapin, F.C., Integrated response of plants to stress. *Bioscience* **1999**, 41, 1-29.

Chen, H.; Qualls, R. G.; Blank, R. R., Effect of soil flooding on photosynthesis, carbohydrate partitioning and nutrient uptake in the invasive exotic *Lepidium latifolium*. *Aquatic Botany* **2005**, 82 (4), 250-268.

Cheng, J.; Meng, T. In *Preliminary Study on the Effect of Dry-wet Alternation on Soil Nutrient Elements*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing: 2020; p 052024.

Colmer, T. D.; Kotula, L.; Malik, A. I.; Takahashi, H.; Konnerup, D.; Nakazono, M.; Pedersen, O., Rice acclimation to soil flooding: Low concentrations of organic acids can trigger a barrier to radial oxygen loss in roots. *Plant, cell & environment* **2019**, 42 (7), 2183-2197.

Di Bella, C. E.; Kotula, L.; Striker, G. G.; Colmer, T. D., Submergence tolerance and recovery in *Lotus*: Variation among fifteen accessions in response to partial and

بی‌هوایی برای گیاه شده است. رژیم‌های هیدرولوژیکی موجود در مناطق باتلاقی و حاشیه رودخانه‌ها یک عامل مدیریتی بسیار مهم در تغییر و کاهش زیستی موجود در این مناطق است، بنابراین برای ایجاد یک مدیریت مطمئن در رابطه استقرار و زنده‌مانی گونه‌ها در این مناطق، آگاهی از وضعیت عناصر ماکرو و میکرو در طول تنش غرقابی در فصل رویش امری ضروری است. در واقع، برای مدیریت، احیا و حفاظت بهتر گیاهان نواحی باتلاقی و حاشیه رودخانه‌ها، علاوه بر شناخت چگونگی پاسخ گونه به غرقابی و همچنین دوره، عمق، زمان و تناوب غرقابی، اطلاع از مقدار عناصر غذایی خاک نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. تغییرات و عدم تعادل مواد غذایی می‌تواند اثرهای منفی روی

complete submergence. *Journal of Plant Physiology* **2020**, 249, 153180.

Fageria, N.; Baligar, V.; Clark, R., Micronutrients in crop production. *Advances in agronomy* **2002**, 77, 185-268.

Gilliam, F.; May, J.; Fisher, M.; Evans, D., Short-term changes in soil nutrients during wetland creation. *Wetlands Ecology and Management* **1998**, 6 (4), 203-208.

Gilmour, J.; Gale, P., Chemistry of metals and trace elements in a submerged soil. In *The ecology and management of wetlands*, Springer: 1988; pp 279-292.

Glenz, C.; Schlaepfer, R.; Iorgulescu, I.; Kienast, F., Flooding tolerance of Central European tree and shrub species. *Forest Ecology and Management* **2006**, 235 (1-3), 1-13.

Guifeng, W.; Ling, L., Juan, T., Phosphorus release from different soil layers during flooding [J]. *Environmental science and technology* **2008**, 31 (12), 21-23+139.

Hasanzadeh Gorttapeh, A.; Ghiyasi, M., Waterlogging and that's Effect on Plant Ecophysiology. Jahad University of Orumieh Press: 2008.

Hashimoto, K.; Kudla, J., Calcium decoding mechanisms in plants. *Biochimie* **2011**, 93 (12), 2054-2059.

Hook, D.; DeBell, D.; McKee, W.; Askew, J., Responses of loblolly pine (mesophyte) and swamp tupelo (hydrophyte) seedlings to soil

- flooding and phosphorus. *Plant and Soil* **1983**, 71 (1), 387-394.
- Hossain, A.; Sabagh, A. E.; Erman, M.; Fahad, S.; Islam, T.; Bhatt, R.; Hasanuzzaman, M., Nutrient Management for Improving Abiotic Stress Tolerance in Legumes of the Family Fabaceae. In *The Plant Family Fabaceae*, Springer: 2020; pp 393-415.
- Jackson, M. B.; Ishizawa, K.; Ito, O., Evolution and mechanisms of plant tolerance to flooding stress. *Annals of Botany* **2009**, 103 (2), 137-142.
- Jones, H. E.; Etherington, J., Comparative studies of plant growth and distribution in relation to waterlogging: I. The survival of *Erica cinerea* L. and *E. tetralix* L. and its apparent relationship to iron and manganese uptake in waterlogged soil. *The Journal of Ecology* **1970**, 487-496.
- Kaelke, C.; Dawson, J., Seasonal flooding regimes influence survival, nitrogen fixation, and the partitioning of nitrogen and biomass in *Alnus incana* ssp. *rugosa*. In *Frankia Symbiosis*, Springer: 2003; pp 167-177.
- Kashem, M.; Singh, B., Metal availability in contaminated soils: I. Effects of flooding and organic matter on changes in Eh, pH and solubility of Cd, Ni and Zn. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **2001**, 61 (3), 247-255.
- Kidd, D.; Di Bella, C.; Kotula, L.; Colmer, T.; Ryan, M.; Striker, G., Defining the waterlogging tolerance of *Ornithopus* spp. for the temperate pasture zone of southern Australia. *Crop and Pasture Science* **2020**, 71 (5), 506-516.
- Kotula, L.; Kwa, H. Y.; Nichols, P. G.; Colmer, T. D., Tolerance and recovery of the annual pasture legumes *Melilotus siculus*, *Trifolium michelianum* and *Medicago polymorpha* to soil salinity, soil waterlogging and the combination of these stresses. *Plant and Soil* **2019**, 444 (1), 267-280.
- Kozłowski, T., Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree physiology* **1997**, 17 (7), 490-490.
- Kreuzwieser, J.; Fürniss, S.; Rennenberg, H., Impact of waterlogging on the N-metabolism of flood tolerant and non-tolerant tree species. *Plant, Cell & Environment* **2002**, 25 (8), 1039-1049.
- López-Arredondo, D. L.; Leyva-González, M. A.; Alatorre-Cobos, F.; Herrera-Estrella, L., Biotechnology of nutrient uptake and assimilation in plants. *International Journal of Developmental Biology* **2013**, 57 (6-7-8), 595-610.
- Majidi, T.; Taheri, M.; Aqajanlou, F.; Mousavi, A.; Shojaei, M.; Tokasi, M.; Moradi, P.; Heidari, F., A study on the adsorption of zinc, copper, cadmium and lead elements in leaves of some woody species. *Journal of Forest Research and Development* **2016**, 1 (4), 271-284.
- Mancuso, S.; Shabala, S., *Waterlogging signalling and tolerance in plants*. Springer: 2010.
- Manzur, M.; Grimoldi, A.; Striker, G., The forage grass *Paspalum dilatatum* tolerates partial but not complete submergence caused by either deep water or repeated defoliation. *Crop and Pasture Science* **2020**, 71 (2), 190-198.
- 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.
- Pang, J.; Ross, J.; Zhou, M.; Mendham, N.; Shabala, S., Amelioration of detrimental effects of waterlogging by foliar nutrient sprays in barley. *Functional Plant Biology* **2007**, 34 (3), 221-227.
- Parad, G. A.; Kouchaksaraei, M. T.; Striker, G. G.; Sadati, S. E.; Nourmohammadi, K., Growth, morphology and gas exchange responses of two-year-old *Quercus castaneifolia* seedlings to flooding stress. *Scandinavian Journal of Forest Research* **2016**, 31 (5), 458-466.
- Parad, G. A.; Zarafshar, M.; Striker, G. G.; Sattarian, A., Some physiological and morphological responses of *Pyrus boissieriana* to flooding. *Trees* **2013**, 27 (5), 1387-1393.
- Parad, G.; Tabari, M.; Sadati, S. E., Effect of permanent and periodic flooding treatments on growth, morphological and physiological characteristics of one-year old potted seedlings of *Quercus castaneifolia* in Noor lowland. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2014**, 20 (4), 167-181.
- Parad, G.A.; Tabari, M. Sadati, E., Changes of macro and micro elements concentration in shoots and soil of *Quercus castaneifolia* seedling grown in flooding conditions. *Iranian Journal of Forest* **2014a**, 6 (1), 23-34.
- Parad, G.A., Tabri, M.; Sadati, E., Survival, Growth and Biomass Allocation in Seedlings of Common ash (*Fraxinus excelsior* L.) as

- affected by flooding Stress. *Applied Biology* **2013**, 26 (1), 9-20.
- Pezeshki, S., Wetland plant responses to soil flooding. *Environmental and Experimental Botany* **2001**, 46 (3), 299-312.
- Pezeshki, S.; DeLaune, R.; Anderson, P., Effect of flooding on elemental uptake and biomass allocation in seedlings of three bottomland tree species. *Journal of Plant Nutrition* **1999**, 22 (9), 1481-1494.
- Ploschuk, R. A.; Miralles, D. J.; Colmer, T. D.; Ploschuk, E. L.; Striker, G. G., Waterlogging of winter crops at early and late stages: impacts on leaf physiology, growth and yield. *Frontiers in plant science* **2018**, 9, 1863.
- Ploschuk, R. A.; Miralles, D. J.; Colmer, T. D.; Striker, G. G., Waterlogging differentially affects yield and its components in wheat, barley, rapeseed and field pea depending on the timing of occurrence. *Journal of Agronomy and Crop Science* **2020**, 206 (3), 363-375.
- Rattan, R.; Datta, S.; Chhonkar, P.; Suribabu, K.; Singh, A., Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater—a case study. *Agriculture, ecosystems & environment* **2005**, 109 (3-4), 310-322.
- 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.
- Sahrawat, K., Fertility and organic matter in submerged rice soils. *Current science* **2005**, 735-739.
- Salardini, A.A., Soil Fertility. University of Tehran Press, 2012.
- Schmull, M.; Thomas, F. M., Morphological and physiological reactions of young deciduous trees (*Quercus robur* L., *Q. petraea* [Matt.] Liebl., *Fagus sylvatica* L.) to waterlogging. *Plant and Soil* **2000**, 225 (1), 227-242.
- Setter, T.; Waters, I.; Sharma, S.; Singh, K.; Kulshreshtha, N.; Yaduvanshi, N.; Ram, P.; Singh, B.; Rane, J.; McDonald, G., Review of wheat improvement for waterlogging tolerance in Australia and India: the importance of anaerobiosis and element toxicities associated with different soils. *Annals of Botany* **2009**, 103 (2), 221-235.
- Sharma, R. K.; Agrawal, M.; Marshall, F., Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology and environmental safety* **2007**, 66 (2), 258-266.
- Singh, G.; Bhati, M., Growth of *Dalbergia sissoo* in desert regions of western India using municipal effluent and the subsequent changes in soil and plant chemistry. *Bioresource Technology* **2005**, 96 (9), 1019-1028.
- Striker, G. G.; Colmer, T. D., Flooding tolerance of forage legumes. *Journal of Experimental Botany* **2017**, 68 (8), 1851-1872.
- Vandecasteele, B.; Du Laing, G.; Quataert, P.; Tack, F. M., Differences in Cd and Zn bioaccumulation for the flood-tolerant *Salix cinerea* rooting in seasonally flooded contaminated sediments. *Science of the total environment* **2005**, 341 (1-3), 251-263.
- Wang, G.; Klinka, K., White spruce foliar nutrient concentrations in relation to tree growth and soil nutrient amounts. *Forest Ecology and Management* **1997**, 98 (1), 89-99.
- Xuluc-Tolosa, F.; Vester, H.; Ramirez-Marcial, N.; Castellanos-Albores, J.; Lawrence, D., Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. *Forest Ecology and Management* **2003**, 174 (1-3), 401-412.
- Yamauchi, T.; Colmer, T. D.; Pedersen, O.; Nakazono, M., Regulation of root traits for internal aeration and tolerance to soil waterlogging-flooding stress. *Plant physiology* **2018**, 176 (2), 1118-1130.

Variations of macro and micro nutrient concentration in soil and leaf of *Alnus subcordata* (L.) seedlings under flooding stress

A. Kianmehr¹, E. Ghanbary^{*2}, G. A. Parad³, M. Tabari⁴ and Z. Boor⁵

1- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Agriculture and Natural Resource University of Sari, Mazandaran, I. R. Iran. (atena.kianmehr@yahoo.com)

2- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University, Mazandaran, I. R. Iran. (ehsan.ghanbary29@yahoo.com)

3- Ph.D. of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modarres University, Mazandaran, I. R. Iran. (gh.parad64@yahoo.com)

4- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran. (mtabari@modares.ac.ir)

5- M.Sc. of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences Noor, Tarbiat Modares University, Noor, I. R. Iran. (Zahra.boor.jangal@gmail.com)

Received: 19.07.2020 Accepted: 08.09.2020

Abstract

Flooding affects soils by altering soil structure, depleting O₂, accumulating CO₂, inducing anaerobic condition in soil, development of root rot, loss of mycorrhizae, and reductions in root metabolism, leads anaerobic decomposition of organic matter, and changing macro and micro elements of soil and leaf. In this experiment, the variations of macro and micro nutrient concentration in soil and leaf of *Alnus subcordata* (L.) seedlings under soil flooding stress were investigated during a 120-day outdoor experiment. Seedlings were subjected to three fixed treatments: 1) unflooded; 2) flooded to 3 cm depth and 3) flooded to 15 cm depth and their macro and micro nutrient concentration in leaf and soil were measured at the end of the experiment. Results indicated flooding had no effect on the concentration of Mg, Ca, Zn and organic C soil, while the concentration of P, N and K decreased and the concentration of Fe and Mn increased in the soil by flooding, although did not result in toxicity of elements of soil. In leaves of flooded seedlings, the concentrations of N, P, K, Zn, Ca, Mg and organic C decreased, but the concentrations of Mn and Fe increased to a detrimental level. In addition, there was a significant positive correlation between most of elements in soil and leaf. Generally, the results indicated that flooding changed the concentration of much elements in leaf and soil seedlings of *A. subcordata* that it is a current phenomenon in anaerobic condition of soil caused by flooding.

Keywords: Anaerobic conditions, Nutrient elements, Nitrogen, Organic carbon.

* Corresponding author

Tel: +989192375096

تأثیر گرادبان ارتفاع بر شاخص‌های تنوع زیستی گروه‌های بوم‌شناسی گیاهی در جنگل‌های هیرکانی تیرم‌رود

اسحاق عطایی^۱، فرید کاظم‌نژاد^{۲*}، مجید اسحاق‌نیموری^۳ و علی شیخ‌الاسلامی^۴

۱- دانشجوی دکتری، گروه جنگلداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. (esataie@gmail.com)

۲- استادیار، گروه جنگلداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. (farid.avijdan@gmail.com)

۳- استادیار، گروه جنگلداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. (m_navand@yahoo.com)

۴- استادیار، گروه جنگلداری، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. (islamiali@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۸/۰۸

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۵/۱۲

چکیده

گرادبان ارتفاعی بر شاخص‌های تنوع زیستی تأثیرگذار است. داده‌ها به روش ترانسکت با حداقل یک قطعه‌نمونه (۴۰۰ متر مربعی) بر روی خطوط میزان ۵۰ متری (جمعا ۴۴ قطعه) در حوزه تیروم‌رود (آبخیز ۳۲) شهرستان تنکابن برداشت شد. فراوانی گونه‌های چوبی، به تفکیک گونه در هر قطعه‌نمونه و درصد پوشش - فراوانی گونه‌های علفی (پنج ریزقطعه‌نمونه دو مترمربعی در چهارگوشه و مرکز) بر اساس روش براون - بلانکه ثبت شد. اجتماعات گیاهی منطقه با تحلیل گونه‌های شاخص دوطرفه معرفی و مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی در گروه‌های گیاهی با آنالیز واریانس یک‌طرفه انجام شد. بر اساس نتایج، گروه‌های بوم‌شناختی در این منطقه به ترتیب در میانگین ارتفاع ۳۷۵، ۹۲۴، ۱۲۳۶ و ۲۰۷۰ متر از سطح دریا و میانگین شیب ۵۹، ۴۰، ۵۰ و ۴۳ درصد (بدون اختلاف معنی‌دار) مستقرند. گروه‌ها از نظر شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی (تنوع گونه‌ای، یکنواختی و غنای گونه‌ای) با هم اختلاف معنی‌دار دارند. شاخص تنوع گونه‌ای شانون-وینر و سیمپسون-پیلو در گروه‌های بوم‌شناختی اول، چهارم و دو گروه دوم و سوم به ترتیب بیشینه، کمینه و میانگین است. شاخص یکنواختی پیلو در گروه‌های اول و سوم و دو گروه دوم و چهارم به ترتیب بیشینه، کمینه و میانگین است. ضمن اینکه به ترتیب گروه‌های اول، سوم، دوم و چهارم از نظر شاخص غنای گونه‌ای دسته‌بندی شدند. بر اساس نتایج کلی شاخص‌های تنوع زیستی روندهای متفاوتی را با تغییرات ارتفاع به نمایش می‌گذارند.

واژه‌های کلیدی: اختلاف فلورستیکی، بوم‌شناختی، تنوع گونه‌ای، گرادبان.

مقدمه

به دلیل تجاوز به عرصه‌های منابع طبیعی از بین رفت. در ارتفاعات بالابند جنگل‌های شمال نیز به دلیل شرایط فیزیوگرافی خاص مناطق کوهستانی، مه‌بارش، شرایط متفاوتی از نظر اقلیمی و خاکی در هر منطقه وجود دارد. این جنگل‌ها در مناطق مختلف در محدوده‌های ارتفاعی متفاوت مشاهده می‌شود که از اکوسیستم‌های جنگلی وارد اکوسیستم‌های مرتعی می‌شود (Sagheb Talebi et al., 2014). پژوهش‌های زیادی در زمینه تنوع و تغییرات پوشش گیاهی در شیب تغییرات ارتفاعی انجام شده است (Nogué et al., Arekhi et al., 2010, 2013, 2015, Sharma, Singh et al., 2019, Jrl et al., 2015, 2013, Shabani-Rad et al., Zamani et al., 2019, et al., 2019, al., 2020).

با پژوهش در اجتماعات گیاهی و تحلیل گرادیان‌های مختلف محیطی می‌توان به همبستگی این عوامل با گروه‌های گیاهی پی برد. این پژوهش در نظر دارد تا ضمن معرفی گروه‌های گیاهی در حوزه تیروم‌رود، رابطه آن‌ها را با مشخصه‌های توپوگرافی و تنوع زیستی گیاهی بررسی کند. به عبارت دیگر این پژوهش به دنبال این موضوع است که گروه‌های گیاهی در چه دامنه ارتفاعی و با چه پهنایی در بین جوامع حضور دارند. زیرا چگونگی مدیریت در جنگل‌های هیرکانی تابع شرایط جوامع گیاهی است و نوع نگرش بر مدیریت در مناطق مختلف ارتفاعی این مناطق ضرورتاً متفاوت خواهد بود.

مواد و روش‌ها

منطقه انجام پژوهش

منطقه پژوهش در حوزه آبخیز شماره ۳۲، اداره کل منابع طبیعی استان مازندران-نوشهر، اداره منابع طبیعی شهرستان تنکابن، در جنوب این شهر بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶° ۳۶' تا ۳۶° ۴۵' شمالی و طول‌های

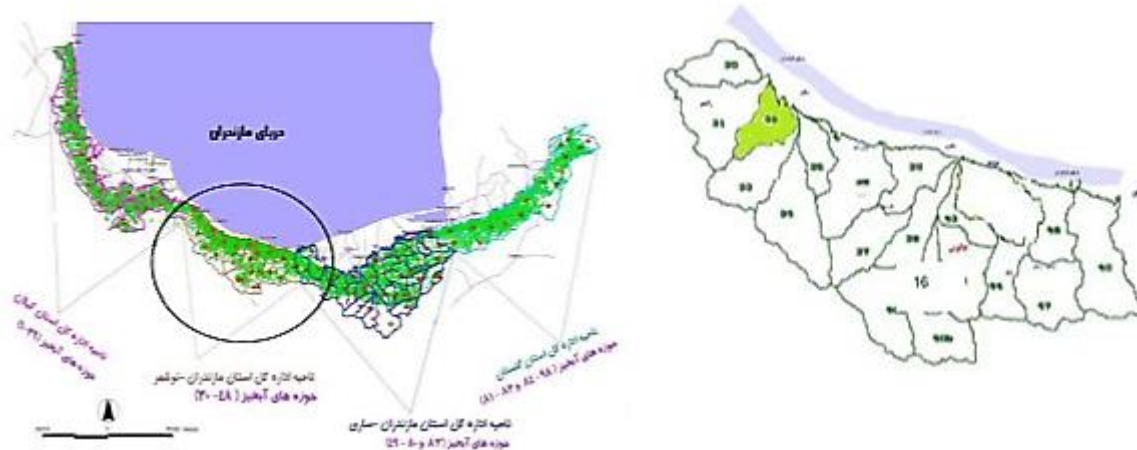
پیدایش پوشش گیاهی حاصل کنش متقابل بین عناصر رویشی و عوامل محیط فیزیکی است. از این رو استفاده از بوم‌شناسی و جامعه‌شناسی گیاهی برای تعیین و تشخیص محیط درون‌زا، یکنواختی و غیریکنواختی محیط، توالی و مراحل آن امری ضروری است. نکته قابل توجه اینکه شناخت جوامع گیاهی، تشخیص زیستگاه‌ها و پیش‌بینی چگونگی تحول پوشش گیاهی در محیط معین را نیز دربرمی‌گیرد. از بین عوامل شناخته‌شده مؤثر بر تغییرات پوشش گیاهی، اقلیم و توپوگرافی بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند (Zhang et al., 2017). در پژوهش‌های کاربردی برای حل مسائل بوم‌شناختی در ارتباط با مدیریت و حفاظت از بوم‌سازگان‌های طبیعی، شناخت و بررسی پوشش گیاهی بسیار مهم است (De Bello et al., 2005; Diaz et al., 2007).

مجموعه‌ای از شرایط محیطی شامل آب و هوا، پستی و بلندی و متغیرهای خاکی در سیمای گیاهان منعکس می‌شود (Kaufmann et al., 2017) و بروز تغییرات در پوشش گیاهی ناشی از غلبه مجموعه عوامل محیطی است (Awasthi et al., 2015). همچنین توسعه و انتشار گونه‌های گیاهی در طبیعت تصادفی نیست، بلکه گونه‌های گیاهی با سرشت و نیازهای بوم‌شناختی مشابه در طبیعت درکنار هم مستقرند و اجتماعات گیاهی را به وجود می‌آورند.

جنگل‌های شمال کشور دارای تنوع زیستی و ساختار پیچیده‌ای است که تنها با شناخت کامل این اکوسیستم می‌توان به مدیریت بهینه و درست آن‌ها در آینده امیدوارتر شد. در گذشته‌های نه‌چندان دور، جنگل‌های شمال ایران از جلگه تا ارتفاعات به صورت یکپارچه درکنار هم و بدون گسستگی وجود داشت. در چند دهه اخیر سطح زیادی از این جنگل‌ها در جلگه

اقلیم معتدل و مرطوب با میانگین بارندگی ۱۱۱۱ میلی-متر است. میانگین حرارت سالانه ۱۲/۳ درجه سانتی-گراد، میانگین بیشینه حرارت در مرداد ماه ۲۳/۸ درجه سانتی‌گراد و کمینه حرارت در بهمن ماه ۱/۶ درجه - سانتی‌گراد است.

جغرافیایی ۴۶' ۵۰° تا ۵۰' ۵۰° شرقی قرار دارد (شکل ۱). کمینه ارتفاع از سطح دریا ۱۱۱ متر و بیشینه ارتفاع از سطح دریا ۳۵۲۰ متر است. مساحت کل حوزه تیروم رود براساس طرح جامع جنگل‌های شمال کشور ۲۰۲۸۷ هکتار است. سطح محدوده تمرکز پژوهش در حدود ۲۰۰ هکتار است. از نظر اقلیمی این حوزه جزء



شکل ۱- منطقه انجام پژوهش

Figure 1. Study area

برداشت شدند. به طوری که بر روی هریک از خطوط میزان ۵۰ متری حداقل یک قطعه نمونه قرار گرفت. در مجموع ۴۴ قطعه نمونه (۲۰×۲۰ مترمربعی) در این پژوهش برداشت شد. در هر قطعه نمونه فراوانی گونه‌های چوبی به تفکیک گونه ثبت شد. برای نمونه- برداری از آشکوب علفی تعداد پنج ریزقطعه نمونه دو مترمربعی (در چهار گوشه و مرکز قطعه نمونه) پیاده شد و براساس روش براون-بلانکه درصد پوشش-فراوانی عناصر رویشی تعیین و ثبت شد (Habashi et al., 2007). شناسایی گونه‌ها با استفاده از منابع فلور ایرانیکا (Rechinger, 1963-1998)، مجموعه فلورهای فارسی ایران (اسدی و همکاران، ۱۳۸۱-۱۳۷۱)، فلور رنگی ایران (قهرمان، ۱۳۷۹-۱۳۷۵) و فرهنگ نام‌های گیاهان ایران (مظفریان، ۱۳۷۵) انجام شد.

روش انجام پژوهش

برای انجام این پژوهش، ابتدا با بررسی‌های کتابخانه‌ای، دریافت نظرات کارشناسان و انجام جنگل‌گردشی، منطقه مناسب برای این پژوهش انتخاب شد. با توجه به جوامع گیاهی منطقه مورد پژوهش و استفاده از اطلاعات کتابچه طرح، محدوده جوامع و گروه‌های گیاهی در جوامع جنگلی منطقه مشخص شد و به‌عنوان طبقات اصلی نمونه برداری در نظر گرفته شد. دیگر عوامل محیطی نظیر ارتفاع از سطح دریا و شیب، در صورت ایجاد تغییرات در سیمای رستنی‌ها و اختلاف فلورستیکی جهت نمونه برداری مدنظر قرار گرفتند. برداشت داده‌ها به روش ترانسکت انجام شد. قطعات نمونه پژوهش بر روی یک ترانسکت در جهت عمود بر خطوط میزان از جلگه (پایین بند) تا مرز جنگل (بالابند) بر روی نقشه تیپ مشخص شد و داده‌ها

روش تجزیه و تحلیل آماری

برای تسهیل درک مفهوم تغییرات تدریجی (Continuum) ترکیب پوشش گیاهی و کمک به فهم بهتر ارتباط بین گونه‌ها و عوامل محیطی، رولوه‌های با ترکیب گونه‌ای مشابه با گروه‌های بوم‌شناختی طبقه‌بندی شدند. طبقه‌بندی عددی گونه‌های شاخص دوطرفه (TWINSPAN) برای تعیین گروه‌های بوم‌شناختی استفاده شد. ضمن اینکه، روش TWINSPAN براساس اطلاعات پوشش گونه‌های علفی بر مبنای سطوح قطع ۱۰۰-۷۵-۵۰-۲۵-۱۲/۵-۵-۲/۵-۱ صفر به کار گرفته شد. در این آنالیز به‌طور تجربی سطح تقسیم‌بندی چهارم (McNab et al., 1999; Flynn et al., 2009) به‌عنوان نقطه توقف برای شکل‌گیری گروه انتخاب شد. همچنین برای تأیید نتایج TWINSPAN از تحلیل

رسته‌بندی DCA استفاده شد. برای طبقه‌بندی و تحلیل گروه گونه‌های بوم‌شناختی از نرم‌افزار PC-ORD for Win. Ver. 5 (McCune and Mefford, 1999) استفاده شد.

پس از طبقه‌بندی رویشگاه و شناسایی گروه‌های بوم‌شناختی گیاهی منطقه، برای تشخیص گونه‌های شاخص هر گروه گیاهی از روش تجزیه و تحلیل گونه-های معرف (Durfrene and Legendre, 1997) استفاده شد. برای مقایسه تنوع زیستی در گروه‌های بوم‌شناختی گیاهی از شاخص‌های غنای گونه‌ای (S) (Maguran, 1988) تنوع گونه‌ای شانون-وینر (Peat, 1974) و سیمپسون (Hill, 1973) و یکنواختی پیلو (Peat, 1974) استفاده شد (جدول ۱). برای انجام مقایسه‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شد.

جدول ۱- شاخص‌های غنا و یکنواختی و تنوع گونه‌ای

Table 1. Indices of species richness and uniformity

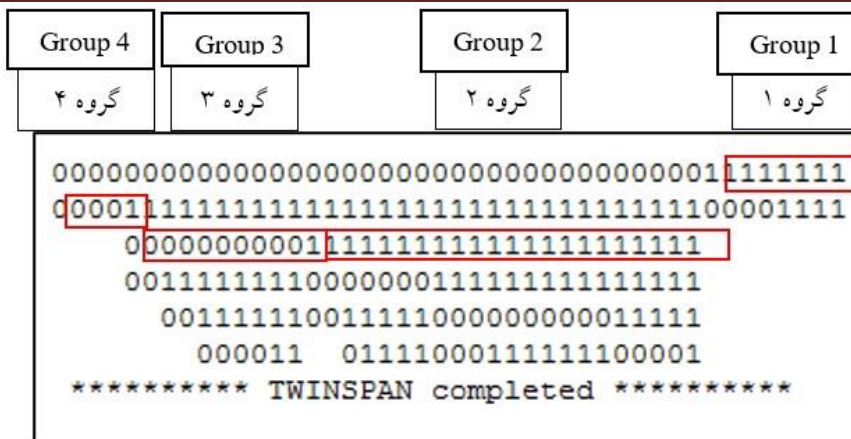
فرمول Formula	منبع References	شاخص‌ها Indices
$R = S$	Magurran (1988)	شاخص غنای گونه‌ای (S) Species richness indicator
$J' = \left[-\sum p_i \ln(p_i) \right] / \ln S$ $p_i = \frac{n_i}{N}$	Peet (1974)	شاخص یکنواختی پیلو Pilo uniformity indicator
$H' = -\sum_i p_i \ln(p_i)$	Peet (1974)	شاخص تنوع شانون-وینر Shannon wiener variability indicator
$\lambda = 1 - \sum_i p_i^2$	Hill (1973)	شاخص تنوع سیمپسون Simpson variability indicator

S = تعداد گونه‌ها P_i = نسبت درصد تاج‌پوشش گونه (n_i) به مجموع درصد تاج‌پوشش گونه‌ها (N)

S = No. of species, P_i = species crown cover per. (n_i) / sum of species crown cover per. (N)

بر اساس نتایج آنالیز TWINSPAN چهار گروه بوم‌شناختی ایجاد شد (شکل ۲).

نتایج



شکل ۲- نمودار تحلیل TWINSpan منطقه مورد پژوهش

Figure 2- TWINSpan analysis chart of the study area

گروه‌های بوم‌شناختی منطقه به ترتیب دارای میانگین ارتفاعی ۲۰۷۰، ۱۲۳۶، ۹۲۴ و ۳۷۵ متر از سطح دریا و میانگین شیب ۴۳، ۵۰، ۴۰ و ۵۹ درصد بودند. گروه یک در مرز جنگل و مرتع و گروه‌های دو، سه و چهار در محدوده جنگل قرار داشتند (جدول ۲).

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیوگرافی و گیاهشناسی گروه‌های معرف چهارگانه

Table 2- characteristics of four ecological groups consists of trees, shrubs and herbaceous species					
گروه	ارتفاع (متر)	شیب (درصد)	جهت	درخت / درختچه	علفی
Group	Height (m)	Slope (%)	Aspect	Tree / Shrub	Herbaceous
				راش	
				<i>Fagus orientalis</i>	
				Lipsky	
				کرب	
				<i>Acer campestre</i> L.	
				اوری	
				<i>Quercus macrantera</i>	استاکیس
				Fisch. & C.A. Mey.	<i>Stachys</i> sp
				لور	مرهمی
			شمال	<i>Carpinus orientalis</i>	<i>Sanicula europaea</i> L.
		43	N	Mill.	پیچک
	2070			آلوچه	<i>Convolvulus</i> sp
				<i>Prunus divaricate</i>	عسلک
				Ledeb.	<i>Orobanche</i> sp
				ازگیل	
				<i>Mespilus germanica</i> L.	
				سرخ ولیک	
				<i>Crataegus monogyna</i>	
				Jacq.	
				نسترن	
				<i>Rosa canina</i> L.	

ادامه جدول ۲.

Continued table 2.

علفی Herbaceous	درخت / درختچه Tree / Shrub	جهت Aspect	شیب (درصد) Slope (%)	ارتفاع (متر) Height (m)	گروه Group
کارکس <i>Carex pendula</i> Huds	راش				
آسپرولا <i>Asperula odoratum</i> L.	<i>Fagus orientalis</i> Lipsky				
تمیس <i>Tamus cummonis</i> L.	گیلاس وحشی <i>Prunus avium</i> L.	شمال N	50	1236	2
سیکلامن <i>Cyclamen europaeum</i> L	آلوچه <i>Prunus divaricate</i> Ledeb.				
توت فرنگی <i>Fragaria vesca</i> L.	ازگیل <i>Mespilus germanica</i> L.				
شفاقل <i>Pastinaca sativa</i> L.					
	راش <i>Fagus orientalis</i> Lipsky				
	بلوط بلندمازو <i>Quercus castaneifolia</i> C.A. Mey.				
گزنه سفید <i>Lamium purpureum</i> L.	ممرز <i>Carpinus betulus</i> L.				
داردوست <i>Hedera colchica</i> K. Koch	نمدار <i>Tilia begonifolia</i> Stev.				
چلرک <i>Epimedium pinnatum</i> Fisch. ex DC	شیردار <i>Acer cappadocicum</i> Gled.	شمال شرق N	40	924	3
فرفیون <i>Euphorbia serrate</i> L.	انجیلی <i>Parotia persica</i> Mey. (DC.) C.A.				
آسپرولا <i>Asperula arvensis</i> L.	آلوچه <i>Prunus divaricate</i> Ledeb.				
	سرخ ولیک <i>Crataegus monogyna</i> Jacq.				
	کوله خاص <i>Ruscushyrcanus</i> L.				

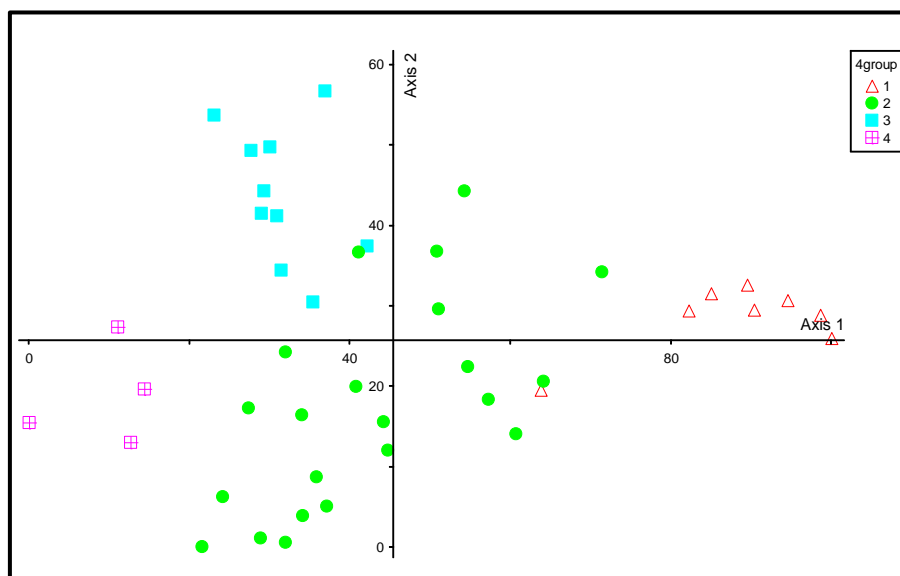
ادامه جدول ۲.

Continued table 2.

علفی Herbaceous	درخت / درختچه Tree / Shrub	جهت Aspect	شیب (درصد) Slope (%)	ارتفاع (متر) Height (m)	گروه Group
	بلوط بلندمازو <i>Quercus castaneifolia</i> C.A. Mey.				
	ممرز <i>Carpinus betulus</i> L.				
زنگی دارو <i>Asplenium scolopendrium</i> L.	توسکا <i>Alnus subcordata</i> C.A. Mey.				
سیکلامن <i>Cyclamen europaeum</i> L.	انجیلی <i>Parotia persica</i> (DC.) C.A. Mey.	شمال غرب NW	59	375	4
متامتی <i>Hypericum androsaemum</i> L.	خرمندی <i>Diospyrus lotus</i> L.				
	لرگ <i>Petrocaria fraxinifolia</i> (Lam.) Spach				
	شمشاد <i>Buxus hyrcana</i> Pojark.				

شده است. نتایج این روش رج‌بندی به شکل نمایش قطعات نمونه‌ها در دو بعد آورده شده است (شکل ۳).

مقادیر ویژه، طول محورها، درصد تبیین واریانس چهار محور اول و مجموع مقادیر ویژه کلیه محورهای (Total inertia) تحلیل DCA در جدول سه نشان داده



شکل ۳- نمودار رسته‌بندی DCA قطعات نمونه واحدهای اکوسیستمی

Figure 3. DCA chart of sample parts of ecosystem units

نمودار رجبندی DCA نشان می‌دهد که قطعات نمونه هر یک از گروه‌های بوم‌شناختی از یکدیگر کاملاً متمایزند و این تمایز به‌خاطر تفاوت در ترکیب فلورستیکی ناشی از تغییرات خصوصیات محیطی واحدهای مزبور است.

جدول ۳- مقادیر ویژه و طول گرادیان‌های تحلیل DCA

Table 2. Eigenvalues and the length gradients of DCA analysis

محور ۲ Axes 2	محور ۱ Axes 1	
0.399	0.718	مقادیر ویژه Eigenvalues
2.943	4.177	طول گرادیان محورها The length of the axis gradient
5.941		واریانس کل Total inertia

مقایسه شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی بین گروه‌های بوم‌شناختی، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار براساس نتایج آزمون دانکن بود. بررسی مقادیر شاخص تنوع گونه‌ای شانون-وینر و سیمپسون پیلو نشان داد که گروه‌های بوم‌شناختی اول، چهارم و دو گروه دوم و سوم به‌ترتیب دارای بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای هستند. در حالی‌که، از نظر شاخص یکنواختی پیلو گروه اول، سوم و دو گروه دوم و چهارم به‌ترتیب دارای بیشینه، کمینه و میانگین مقادیر شاخص یکنواختی هستند.

جدول ۴- تجزیه واریانس و مقایسات میانگین متغیرهای محیطی و تنوع گونه‌ای در گروه‌های بوم‌شناختی منطقه

Table 3. Analysis of variance and mean comparisons of environmental variables and species diversity in ecological groups

Sig.	F	گروه ۴ Group 4	گروه ۳ Group 3	گروه ۲ Group 2	گروه ۱ Group 1	متغیرهای محیطی Environmental variables
ns	1.9	58±10.8	40±2.9	50±3.5	43.1±4.9	درصد شیب Slope (%)
P<0/01	13.74	375±32.2 ^d	924±194.9 ^c	1236±102.9 ^b	2070±127.2 ^a	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)
P<0/01	29.4	6.7±0.8 ^d	22.3±1.1 ^b	14.7±0.8 ^c	28.5±2.6 ^a	غنای S S richness
P<0/01	30.02	1.08±0.2 ^b	1.9±0.06 ^{ab}	1.8±0.08 ^{ab}	2.8±0.1 ^a	تنوع شانون-وینر (H) Shannon wiener I.
P<0/01	12.58	0.5±0.04 ^b	0.7±0.02 ^{ab}	0.7±0.02 ^{ab}	0.9±0.03 ^a	تنوع سیمپسون Simpson I.
P<0/01	9.49	0.4±0.01 ^{ab}	0.3±0.02 ^b	0.4±0.03 ^{ab}	0.6±0.03 ^a	یکنواختی پیلو Pilo uniformity I.

مقادیر عددی جدول مربوط به میانگین متغیرها به همراه اشتباه معیار آنها است. ns: فاقد تفاوت معنی‌دار آماری $P<0/05$ و $P<0/01$ ، تفاوت معنی‌دار به ترتیب در سطوح ۹۵ و ۹۹ درصد.

The numerical values of the table correspond to the mean of the variables with their standard error. ns: No statistically significant difference and $P < 0.05$ and $P < 0.01$, significant difference at 95% and 99% levels, respectively.

نتایج طبقه‌بندی گروه‌های بوم‌شناختی به روش DCA که از مهم‌ترین روش‌های تحلیل گرادیان غیرمستقیم به‌شمار می‌رود حاکی از آن است که قطعات نمونه هر یک از گروه‌ها از یکدیگر کاملاً متمایزند. این تمایز، بازتاب تفاوت خصوصیات فلورستیکی و محیطی گروه‌های بوم‌شناختی است و ارتباط بین گروه‌های گیاهی با محیط را از منظر بوم‌شناختی به نمایش می‌گذارد. نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که گروه‌های بوم‌شناختی منطقه از نظر عامل ارتفاع از سطح دریا دارای اختلاف معنی‌دار هستند. هر دو عوامل توپوگرافی و اقلیم با نقش نسبتاً برابر بر غنای گونه‌ای مؤثرند، اما غنای گونه‌های بومی به شکل غالب تحت تأثیر توپوگرافی است (Gebrewahid and Abrehe, 2019; Irl et al., 2015).

Mohammadi Zahedi Amiri (2002) در بررسی ارتباط بین اجتماعات گیاهی با عوامل رویشگاهی به این نتیجه رسیدند که بین اجتماعات گیاهی و جهت جغرافیایی ارتباط معنی‌داری وجود دارد ولی بین اجتماعات گیاهی و مشخصه‌های شیب و ارتفاع از سطح دریا رابطه معنی‌داری مشاهده نشد. (Babaikafaki and Mattaji, 2006) در طبقه‌بندی اجتماعات گیاهی جنگل خیرودکنار نشان دادند که متغیر ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان مهم‌ترین عامل رویشگاهی مؤثر در تفکیک اجتماعات مزبور است و این اجتماعات از نظر دو عامل شیب و دامنه با یکدیگر تفاوت نداشتند. بر اساس نتایج کلی تحقیق حاضر، شاخص‌های تنوع زیستی روندهای متفاوتی را در گروه‌های گیاهی مورد بررسی با تغییر ارتفاع نشان دادند. به‌این ترتیب که تنوع گونه‌ای یک روند افزایشی در طول ترانسکت را به نمایش گذاشت. در حالی که یکنواختی و غنای گونه‌ای

از نظر شاخص غنای گونه‌ای به‌ترتیب گروه‌های اول، سوم، دوم و چهارم دارای رتبه‌های اول تا چهارم هستند. شیب عرصه در بین گروه‌های بوم‌شناختی منطقه اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (جدول ۴).

بحث

همان‌طورکه نتایج این پژوهش نشان داد، چهار گروه گیاهی با ترکیب فلورستیکی و خصوصیات محیطی متمایز در جنگل تیرم‌رود وجود دارد. که این گروه‌های بوم‌شناختی از نظر شاخص‌های تنوع زیستی با هم اختلاف دارند. علت اصلی اختلاف در شاخص‌های تنوع زیستی می‌تواند به‌دلیل گسترده‌بودن دامنه تغییرات عوامل محیطی در سطح منطقه و در نتیجه مهیاشدن شرایط محیطی بهینه برای استقرار گونه‌های مختلف در هر یک از گروه‌های بوم‌شناختی در منطقه‌ای با شرایط محیطی متفاوت باشد. نتایج بررسی ترکیب، غنا و تنوع پوشش گیاهی در طول یک گرادیان ارتفاعی در جامو و کشمیر (Singh et al., 2019)، اتیوپی (Gebrewahid and Abrehe, 2019) و ایالت یونان، چین (Gong et al., 2019) نشان داد که تنوع و یکنواختی همگام با افزایش ارتفاع افزایش می‌یابد، اما در ارتفاعات میان‌بند به بیشینه مقدار ممکن می‌رسد. به این معنی که روند تغییرات این شاخص‌ها به شکل سینوسی است، که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. در تأیید این یافته، نتایج پژوهش‌های دیگر در جنگل‌های بلوط ایلام (Arekhi et al., 2010) و جنگل‌های اندونزی (Fatem et al., 2020) نشان داد که غنای گونه‌ای در ارتفاعات بالا کاهش می‌یابد. (Sharma et al., 2019) نیز در پژوهش خود با عنوان الگوی تنوع گونه‌ای در شیب ارتفاعی جنگل‌های شرق هیمالیا نشان دادند که روند تغییرات این شاخص هذلولی است.

References

- Arekhi, S.; Heydari, M., Pourbabei, H., Vegetation-environmental relationships and ecological species groups of the Ilam oak forest landscape, Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences* **2010**, 8 (2), 115-125.
- Assadi, M.; Maassoumi, A.A., Khatamsaz, M., Mozaffarian, V., Editors. Flora of Iran. Vols. 1-60. Tehran: Research Institute of Forests and Rangelands Publications; 1988-2008. (In Persian)
- Awasthi, N.; Bhandari, S.; Khanal, Y., Does scientific forest management promote plant species diversity and regeneration in Sal (*Shorea robusta*) forest? A case study from Lumbini collaborative forest, Rupandehi, Nepal. *Banko Janakari* **2015**, 25 (1), 20-29.
- Barnes, B.V.; Zak, D.R., Denton, S.R., Spur, S.H., Forest Ecology. John Wiley and Sons INC, 4th edition, New York, 1998; 792 p.
- Castro, H.; Lehsten, V.; Lavorel, S.; Freitas, H., Functional response traits in relation to land use change in the Montado. *Agriculture, ecosystems & environment* **2010**, 137 (1-2), 183-191.
- De Bello, F.; Lepš, J.; SEBASTIÀ, M. T., Predictive value of plant traits to grazing along a climatic gradient in the Mediterranean. *Journal of applied Ecology* **2005**, 42 (5), 824-833.
- Diaz, S.; Lavorel, S., McIntyre, S.U.E., Falczuk, V., Casanoves, F., Milchunas, D.G., Skarpe, C., Rusch, G., Sternberg, M., Noy-Meir, I.M.A.N.U.E.L., Landsberg, J., Plant traits responses to grazing: a global synthesis. *Global Change Biology* **2007**, 13 (2), 313-341.
- Dufrêne, M.; Legendre, P., Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs* **1997**, 67 (3), 345-366.
- Fatem, S. M.; Djitmau, D. A.; Ungirwalu, A.; Wanma, A. O.; Simbiak, V. I.; Benu, N. M. H.; Tambing, J.; Murdjoko, A., Species diversity, composition, and heterospecific associations of trees in three altitudinal gradients in Bird's Head Peninsula, Papua, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* **2020**, 21 (8).
- Flynn, D. F.; Gogol-Prokurat, M.; Nogeire, T.; Molinari, N.; Richers, B. T.; Lin, B. B.; Simpson, N.; Mayfield, M. M.; DeClerck, F., Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. *Ecology letters* **2009**, 12 (1), 22-33.
- Gebrewahid, Y.; Abrehe, S., Biodiversity conservation through indigenous agricultural practices: Woody species composition, density and diversity along an altitudinal gradient of Northern Ethiopia. *Cogent Food & Agriculture* **2019**, 5 (1), 1700744.
- Ghahraman, A., Colorful Flora of Iran. The Research Institute of Forest and Pastures, Tehran, 1979-1998. (In Persian)
- Gong, H.; Yu, T.; Zhang, X.; Zhang, P.; Han, J.; Gao, J., Effects of boundary constraints and climatic factors on plant diversity along an altitudinal gradient. *Global Ecology and Conservation* **2019**, 19, e00671.
- Gopal, B.; Bhardwaj, N., *Elements of ecology*. Stosius Incorporated/Advent Books Division: 1979.
- Habashi, H.; Hosseini, S.M., Mohammadi, J., Rahmani, R., Stand structure and spatial pattern of trees in mixed Hyrcanian Beech forests of Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2007**, 15 (1), 55-64. (In Persian)
- Hill, M. O., Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* **1973**, 54 (2), 427-432.
- Irl, S. D.; Harter, D. E.; Steinbauer, M. J.; Gallego Puyol, D.; Fernández-Palacios, J. M.; Jentsch, A.; Beierkuhnlein, C., Climate vs. topography-spatial patterns of plant species diversity and endemism on a high-elevation island. *Journal of Ecology* **2015**, 103 (6), 1621-1633.
- Kaufmann, S.; Hauck, M.; Leuschner, C., Comparing the plant diversity of paired beech primeval and production forests: Management reduces cryptogam, but not vascular plant species richness. *Forest Ecology and Management* **2017**, 400, 58-67.
- Laliberte, E.; Wells, J. A.; DeClerck, F.; Metcalfe, D. J.; Catterall, C. P.; Queiroz, C.; Aubin, I.; Bonser, S. P.; Ding, Y.; Fraterrigo, J. M., Land-use intensification reduces functional redundancy and response diversity

- in plant communities. *Ecology letters* **2010**, *13* (1), 76-86.
- Magurran, A. E., *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press: 1988.
- Mattaji, A.; Babaikafaki, S., Investigation on plant associations and physiographical situation to draw plant associations profile in north of Iran (Case study: Kheiroudkenar forest - Noshahr). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2006**, *14* (3), 258-268. (In Persian)
- McCune, B.; Mefford, M.J., 1999. PC-ORD, Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4, MjM Software Design. Glenden Beach, Oregon, USA.
- McNab, W. H.; Browning, S. A.; Simon, S. A.; Fouts, P. E., An unconventional approach to ecosystem unit classification in western North Carolina, USA. *Forest Ecology and Management* **1999**, *114* (2-3), 405-420.
- Mirbadin, A.; Siahpour baladeh, Z., Amanzadeh, B., Hemmatti, A., Khanjani Shirazi, B., Determination of diameter growth of beech in north of Iran (Guilan province). *Iranian Forest and Poplar Research* **2001**, *7*, 101-129. (In Persian)
- Mozaffarian, V., A Dictionary of Iranian Plant Names. Farhang Moaser, Tehran, 1996; p 198. (In Persian)
- Mueller Dombois, D.; Ellenberg, H., *Aims and methods of vegetation ecology*. 1974.
- Nogué, S.; Rull, V.; Vegas-Vilarrúbia, T., Elevational gradients in the neotropical table mountains: patterns of endemism and implications for conservation. *Diversity and Distributions* **2013**, *19* (7), 676-687.
- Pakeman, R. J.; Marriott, C. A., A functional assessment of the response of grassland vegetation to reduced grazing and abandonment. *Journal of Vegetation Science* **2010**, *21* (4), 683-694.
- Parker, K. C., Topography, substrate, and vegetation patterns in the northern Sonoran Desert. *Journal of Biogeography* **1991**, 151-163.
- Peet, R. K., The measurement of species diversity. *Annual review of ecology and systematics* **1974**, *5* (1), 285-307.
- Rechinger, K.H., Flora Iranica, Vol. 1-173. Akademische Druck und Verlagsanstalt press, Garz. 1963-1998.
- Sagheb-Talebi, K.; Pourhashemi, M.; Sajedi, T., *Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future*. Springer: 2014.
- Shabanirad, B.; Pilehvar, B.; Jafari Sarabi, H.; Veiskaramii, G., Floristic composition and plant communities along an altitude gradient in *Quercus brantii* forests. *Journal of Forest Research and Development* **2020**, *6* (1), 57-74.
- Sharma, N.; Behera, M. D.; Das, A. P.; Panda, R. M., Plant richness pattern in an elevation gradient in the Eastern Himalaya. *Biodiversity and Conservation* **2019**, *28* (8), 2085-2104.
- Singh, D.; Sharma, A.; Sharma, N., Composition, richness and floristic diversity along an elevational gradient in a semi-disturbed treeline ecotone, Bhabarwah, Jammu and Kashmir. *Journal of Applied and Natural Science* **2019**, *11* (1), 23-34.
- Zahedi Amiri, GH.; Mohammadi Limaee, S., The Relationship between Plant Ecological Groups in Grassland with Habitat Factors (Case Study: Neka middle elevation Forests), *Iranian Journal of Natural Resources* **2002**, *55* (3), 353-341. (In Persian)
- Zamani, S. M.; Zolfaghari, R.; Alvaninejad, S., Evaluation of biodiversity, life form and chorology in ecological groups of Dena conserved area forests. *Journal of Forest Research and Development* **2019**, *4* (4), 435-447.
- Zhang, P.; Shao, M. a.; Zhang, X., Spatial pattern of plant species diversity and the influencing factors in a Gobi Desert within the Heihe River Basin, Northwest China. *Journal of Arid Land* **2017**, *9* (3), 379-393.

Effect of altitudinal gradient on biodiversity indices of plant ecological groups in Hyrcanian forests, Tiremrood basin

A. Atae¹, F. Kazemnezhad^{*2}, M. Eshagh Nimvari³ and A. Sheykholeslami⁴

1- PhD student of Forestry, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, I. R. Iran. (esataie@gmail.com)

2- Assistant Professor, Department of Forestry, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, I. R. Iran. (Farid.avijdan52@gmail.com)

3- Assistant Professor, Department of Forestry, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, I. R. Iran. (M_navand@yahoo.com)

4- Assistant Professor, Department of Forestry, Chalous Branch, Islamic Azad University, Chalous, I. R. Iran. (islamiali@gmail.com)

Received: 02.08.2020 Accepted: 29.10.2020

Abstract

Elevation gradient affects biodiversity indices. Data were collected by transect method with at least one sample plot (400 square meters) on 50-meter contour lines (44 plots in total) in Tiremrood basin (32 watershed) of Tonekabon city. Frequency of wood species, by species in each sample plot and percentage of cover - the frequency of herbaceous species (five small sample plots of two square meters in the quadrangle and center) were recorded according to the Braun-Blanquet method. Plant communities of the region were introduced by analyzing bilateral index species and comparing biodiversity indices in plant groups with one-way analysis of variance. According to the results, ecological groups in this region are located at an average altitude of 2070, 1236, 924 and 375 meters above sea level and an average slope of 43, 50, 40 and 59 percent (without significant differences). The groups differ significantly in terms of plant biodiversity indicators (species diversity, uniformity and species richness). Shannon-Wiener and Simpson-Pilo species diversity indices in the first, fourth, and second and third ecological groups are maximum, minimum and average, respectively. Pilo uniformity index in the first and third groups and the second and fourth groups are maximum, minimum and average, respectively. The first, third, second and fourth groups were classified according to species richness index, respectively. Based on the overall results, biodiversity indicators show different trends with altitude changes.

Keywords: Floristic differences, Ecologic, Plant biodiversity, Gradient.

* Corresponding author

Tel: +989111949675

بررسی اثرات تفرج بر شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهی و مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک پارک جنگلی گمبوعه اهواز

سعید عرفانی فرزین^۱، سینا عطار روشن^{۲*} و آرزیتا کوشافر^۳

- ۱- گروه علوم محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. (S.arfani6004@gmail.com)
۲- گروه علوم محیط زیست، مرکز تحقیقات گرد و غبار خلیج فارس، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. (Sina_2934@yahoo.com)
۳- گروه علوم محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. (Koshafar_1349@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۶/۰۴ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۹/۱۵

چکیده

برای بررسی اثر تفرج بر تنوع گونه‌ای گیاهی و مشخصه‌های خاکی، این پژوهش در پارک جنگلی گمبوعه اهواز به مساحت ۶۰ هکتار در سال ۱۳۹۸ انجام شد. به این منظور از روش نمونه‌برداری با استفاده از ترانسکت خطی به طول ۳۰۰ متر و برداشت قطعات نمونه به‌طور تصادفی در فواصل ۵۰ متری از هم استفاده شد. برای بررسی پوشش درختی و درختچه‌ای در دو منطقه تفرجی و بدون تفرج به تفکیک ۲۴ قطعه نمونه ۲۰×۲۰ متر (۴۰۰ مترمربعی) و در مرکز هر قطعه نمونه به منظور بررسی پوشش علفی، قطعات نمونه ۸×۸ متر (۶۴ مترمربعی) پیاده شد. در این پژوهش ۲۸ گونه گیاهی شناسایی شد. آنالیز تطبیقی متعارف نشان داد، منطقه شاهد و منطقه تحت تفرج هر کدام تشکیل یک گروه بوم‌شناختی مجزا را در منطقه تشکیل داده‌اند. بیشترین مقدار شاخص‌های تنوع گونه‌ای سیمپسون (0.23 ± 0.03)، شانون-وینر (0.44 ± 0.12) و شاخص یکنواختی شانون-وینر (0.6 ± 0.03) و غنای گونه‌ای گیاهی (2.9 ± 0.61) در منطقه شاهد برآورد شد. بررسی شرایط خاکی نشان داد تفرج نتوانسته تأثیری بر بافت خاک داشته باشد اما مشخصه‌هایی نظیر تخلخل، ازت، پتاسیم، فسفر و ماده آلی تحت تأثیر تفرج کاهش یافته و مشخصه‌های وزن مخصوص ظاهری، رطوبت اشباع، هدایت الکتریکی و آهک افزایش معنی‌داری را نشان دادند. نتایج حاصل نشان داد که تفرج بدون رعایت معیارهای فنی و علمی می‌تواند موجب کاهش تراکم و تنوع پوشش گیاهی علفی شده که خود می‌تواند آثار مخربی در رویشگاه داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز تطبیقی متعارف، تفرج، گمبوعه، شاخص‌های تنوع گونه‌ای.

مقدمه

و نشان دادند که ویژگی‌های جنگل‌شناسی شامل تراکم، مقدار تاج‌پوشش و مقدار زادآوری و همچنین شاخص‌های تنوع زیستی بین زون‌های دارای تفرج و بدون تفرج (شاهد) اختلاف معنادار داشته و به‌طور کلی تفرج تأثیرات منفی بر ویژگی‌های جنگل‌شناسی توده (شامل قطر و ارتفاع درختان، تراکم، زادآوری، پوشش تاجی، سلامت و شادابی درختان و تعداد جست درختان شاخه‌زاد) و تنوع زیستی منطقه دارد که سبب تغییر این ویژگی‌های توده شده و در نهایت منطقه را نیازمند مدیریت اصولی برای کاهش آسیب‌ها دانستند. Bakhshi et al. (2012) در بررسی تأثیر تفرج بر زادآوری، پوشش علفی و خاک در پارک جنگلی نور در استان مازندران نشان دادند که شدت تفرج بر شاخص‌های تنوع و خاک مؤثر بوده و بر اساس نتایج خود پیشنهاد کردند که با ایجاد چند منطقه تفرج متمرکز و قرق دوره‌ای می‌توان از تخریب شدید طبیعت جلوگیری کرد. Kayvan Behjou and Pour Gholi (2019) در بررسی رگرسیونی و مقایسه‌ای تنوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای در وضعیت مدیریتی حفاظت و تحت تفرج در جنگل فندقلوی اردبیل نشان داد که با افزایش شدت فعالیت‌های تفرجی، متغیرهای تعداد پایه، تعداد گونه، درصد تاج‌پوشش و همچنین میزان شاخص‌های تنوع زیستی غنا و تنوع به‌صورت معنی‌داری کاهش می‌یابند. در نهایت بیان کردند که فعالیت‌های تفرجی به‌صورت کنترل‌نشده و با شدت زیاد، تخریب گسترده اکوسیستم جنگلی فندقلو را به‌دنبال داشته است، که این مهم بر پایداری جنگل اثر منفی خواهد داشت. Abedi (2019) تأثیر گردشگری طبیعت بر ویژگی‌های ساختار و تنوع زیستی گونه‌های چوبی در اکوسیستم جنگلی ارسباران را بررسی و نشان داد که گردشگری طبیعت در منطقه جنگلی مورد

تنوع گونه‌ای گیاهی اهمیت زیادی در ارزیابی عملکرد و دخالت انسان در اکوسیستم دارد. در واقع، هر اکوسیستم زمانی پایدار است که گونه‌های تشکیل‌دهنده آن در طی زمان حفظ شوند و نیز جمعیت افراد تشکیل‌دهنده آن دارای نوسانات زیاد نشود (Eshaghi rad et al., 2011). با افزایش جمعیت، صنعتی‌شدن شهرها و زندگی آپارتمان‌نشینی مردم از هر اوقات فراغتی برای گردش در طبیعت و تفرج استفاده می‌کنند و به‌عنوان یک تهدید می‌توان بیان کرد بهره‌برداری بیش از حد از پارک‌ها، توسعه خدمات و امکانات رفاهی در آن‌ها توسط بازدیدکنندگان خطری جدی برای سلامت اکولوژیکی این مناطق محسوب می‌شود. سرانجام این روند در کاهش ارزش حفاظتی و زیبایی‌شناختی پارک‌ها، کاهش رضایتمندی گردشگران و در نهایت کاهش تقاضای توریست تأثیرگذار است (Bakhshi et al., 2010). از این‌رو بررسی تأثیر تفرج و حضور انسان در اکوسیستم به‌عنوان یک آشفتگی همیشه مورد توجه پژوهشگران قرار داشته است.

Pits et al. (2013) اثرات تفرج بر تنوع زیستی و پایداری اکوسیستم جنگل در پارک ملی Shatsk در کشور اوکراین که توسط مناطق جنگلی وسیعی احاطه شده بود را مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که تفرج سبب تخریب‌هایی به‌دست انسان شده است و از طرف دیگر رویشگاه‌های که دارای تنوع زیستی بالاتر بودند، بیشتر مورد توجه بازدیدکنندگان بوده‌اند، از این‌رو در معرض تخریب بیشتری قرار داشتند. همچنین آن‌ها توسعه طرح‌های حفاظتی را برای مناطق تفرجی مناسب و ضروری دانستند. Nazarpour fard et al. (2016) ویژگی‌های جنگل‌شناسی توده‌های تحت تفرج و تنوع زیستی در پوشش درختی و درختچه‌ای در پارک جنگلی بلوران در کوه‌دشت در استان لرستان را بررسی

غربی شهرستان اهواز در سال ۱۳۵۳ با هدف تثبیت ماسه‌های روان احداث شده است و بیش از ۳۰ سال است که به‌عنوان یک مقصد گردشگری مورد توجه انسان قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه مسطح با پستی و بلندی بسیار اندک و شیب غالب صفر تا دو درصد است. از نظر چینه‌شناسی قدیمی‌ترین سازندهای موجود در خارج از منطقه مورد بررسی راه، سازندهای آجاجری و میشان تشکیل می‌دهند، در صورتی‌که محدوده پارک تنها از رسوبات کواترنر و عهد حاضر که حاصل از فرسایش سازندهای مذکور است، تشکیل شده است. برای آبیاری جنگلکاری از کانال خاکی که در قسمت جنوبی منطقه است و آب را از رودخانه کرخه تأمین می‌کند، استفاده می‌شود.

بر اساس بازدیدهای میدانی گونه‌های درختی غالب پارک کهور، اکالیپتوس، کنار، کونوکارپوس و نخل خرما است. خاک منطقه عمیق با محدودیت شوری و قلیائیت زیاد، زهکشی متوسط و نفوذپذیری متوسط است. اسیدیته خاک نیز بین ۸ تا ۸/۴ و بافت لومی رسی است. از جمله مناطق مسکونی موثر بر پارک می‌توان به روستای گمبوعه بزرگ و کوچک، شبلیه، شهرهای اهواز و حمیدیه اشاره کرد. در این منطقه تیرماه با متوسط حداکثر ۴۶/۳ و دی ماه با متوسط حداقل ۷/۲ سانتی‌گراد گرم‌ترین و خنک‌ترین ماه‌های سال بوده و متوسط درجه حرارت سالانه در ایستگاه معرف برابر ۲۵/۴ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمده است. در منطقه مورد بررسی حداکثر مقدار بارش سالانه ۴۵۰/۳ میلی‌متر و حداقل بارش سالانه ۵۴ میلی‌متر ثبت شده است. میانگین بارندگی در این منطقه ۲۵۲/۲ میلی‌متر است. بر اساس اقلیم‌نمای دوارتن این منطقه خشک و بر اساس اقلیم‌نمای آمبرژه، منطقه مورد بررسی در طبقه نیمه خشک قرار دارد (اداره کل هواشناسی استان خوزستان، ۱۳۹۷). لازم به ذکر است در انتخاب این منطقه دقت

بررسی بر ساختار اشکوب درختی اثرات کاهنده معنی‌داری نداشت ولی بر شاخص‌های تنوع زیستی در این اشکوب اثرات معنی‌داری را نشان داد. این موضوع تأکیدی بر حساس بودن تنوع زیستی در اکوسیستم‌های جنگلی است. (Shirani et al. (2016 در ارزیابی اثرات اکولوژیک تفرج بر کیفیت خاک و پوشش گیاهی در مناطق تحت حفاظت قُمیشلو به این نتیجه رسیدند که اختلاف بین وضعیت پوشش گیاهی و خصوصیات فیزیکی خاک در ۵-۰ سانتی‌متر در یگان‌های مشابه معنی‌دار است. اما اختلاف میان خصوصیات فیزیکی خاک در عمق ۵-۱۰ سانتی‌متر معنی‌دار نشد. به‌طور کلی نتایج این پژوهش مشخص نمود تفرج موجب ایجاد اثرات منفی از نظر کیفیت خاک و پوشش گیاهی در زون‌های تفرجی منطقه مورد پژوهش شده است. وضعیت بحرانی و عدم مدیریت مستمر پارک جنگلی گمبوعه سبب شد تا شاهد روند روبه‌نابودی این اکوسیستم باشیم. در این پژوهش تأثیر تفرج بر تنوع گونه‌های گیاهی و تشکیل گروه گونه‌های اکولوژیک در این پارک جنگلی مورد توجه قرار گرفته است تا بتوان علاوه بر کاهش سرعت تخریب این اکوسیستم برای احیاء و بازسازی این پارک جنگلی بر اساس معیارهای فنی و علمی برنامه‌ریزی کرد.

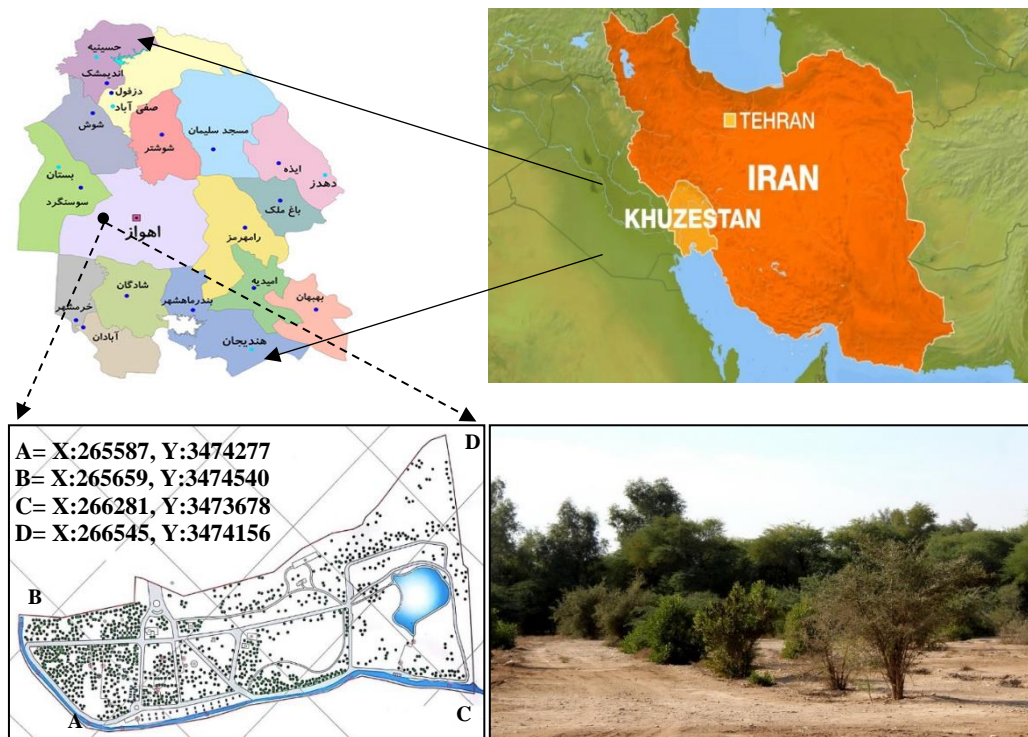
مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد بررسی

منطقه مورد پژوهش پارک جنگلی گمبوعه است که در طول سال پذیرای گردشگران بومی و در ایام نوروز پذیرای گروه‌های کثیری از مهمانان نوروزی است. پارک جنگلی گمبوعه با مختصات جغرافیایی ۲۶۶۵۲۱ تا ۲۶۵۶۱۶ طول شرقی و ۳۴۷۴۴۲۴ تا ۳۴۷۵۱۱۵ عرض شمالی واقع در کیلومتر ۱۵ جاده اهواز به حمیدیه به مساحت ۳۰ هکتار در غرب استان خوزستان و شمال

متغیرهای مورد بررسی تحت تأثیر مستقیم تفرج در منطقه حاصل شود.

شد که تنها عامل آشفتگی، تفرج و حضور انسان در منطقه باشد تا حداکثر دقت در برآورد اختلاف بین



شکل ۱- موقعیت پارک جنگلی گمبوعه در شهرستان اهواز

Figure 1. Location map of the study area

به دقت یادداشت و در مقابل آن با استفاده از معیار برون بلانکه میزان پوشش سطحی هر گونه در قطعات نمونه ثبت شد (Atri, 1997; Braun-Blanquet, 1932).

گونه‌های گیاهی منطقه مورد بررسی با استفاده از منابع فلور ایرانیکا (Rechinger, 1963-1998)، فلور رنگی ایران (Ghahreman, 1980-2002) و فلور خوزستان (Mozafrian, 2005)، به طور دقیق شناسایی شده و شکل زیستی گیاهان براساس رده‌بندی (Raunkiar, 1934) تعیین شد. شکل زیستی مشهودترین طبقه‌بندی برای توصیف و توضیح ساختار گیاه است و فرآیندهای اولیه گیاهان را کنترل می‌کند. گونه‌های گیاهی بر اساس تشابه عملکرد و ساختار، می‌توانند در گروه‌های متفاوتی از اشکال زیستی قرار بگیرند. برای بررسی پراکنش جغرافیایی یا کورولوژی (Chorology)

روش پژوهش

برای انجام این بررسی از روش نمونه‌برداری با استفاده از ترانسکت خطی به طول ۳۰۰ متر و برداشت قطعات نمونه به‌طور تصادفی در فواصل ۵۰ متری از هم استفاده شد. برای بررسی پوشش درختی و درختچه‌ای با استفاده از روش سطح حداقل و ترسیم منحنی سطح/گونه (Atri, 1997)، قطعات نمونه ۲۰×۲۰ متر (۴۰۰ مترمربع) و به‌منظور بررسی پوشش علفی قطعات نمونه ۸×۸ متر (۶۴ متر مربع) انتخاب شد. لازم به ذکر است ترانسکت پیاده‌شده در طبیعت در راستای شرقی-غربی برداشت شد. در نهایت با توجه به دقت بررسی و مساحت منطقه مورد بررسی برای هر منطقه ۲۴ پلات و در مجموع ۴۸ پلات برداشت شد. در هر قطعه نمونه ابتدا تعداد، نام علمی هر گونه به تفکیک جنس و گونه

برای بررسی لایه سطحی خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر در هر قطعه نمونه، پنج نمونه (چهار نمونه در چهار گوشه و یک نمونه در مرکز قطعه نمونه) برداشت شد (Eshaghi rad et al., 2011). خاک به دست آمده از این نمونه‌ها با هم مخلوط شده و به عنوان یک نمونه خاک ترکیبی که نماینده قطعه نمونه است و در مجموع ۴۸ نمونه خاک (۲۴ نمونه در منطقه شاهد (فاقد تفرج) و ۲۴ نمونه در محدوده تفرجی پارک جنگلی گمبوعه)، برای ارزیابی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد (Maranon et al., 1999). نمونه‌های خاک تهیه شده پس از انتقال به آزمایشگاه خاک-شناسی برای ارزیابی مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی، ابتدا در محیط آزمایشگاه (حرارت، رطوبت محیط آزمایشگاه) خشک و پس از آسیاب از الک دو میلی-متری استاندارد عبور داده شدند.

آزمایشاتی که روی نمونه‌های خاک انجام شد عبارتند از: تعیین بافت خاک با روش هیدرومتری بایکاس، pH خاک در ثبت ۱:۲/۵ با KCl برای اسیدیته تبدالی با pH متر الکتریکی، هدایت الکتریکی با استفاده از دستگاه EC متر، اندازه‌گیری آهک خاک به روش کلسیمتری، محاسبه وزن مخصوص ظاهری به روش کلوخه، درصد کربن آلی با استفاده از روش والکی و بلک (Walkley & Blak)، ازت کل به روش کجلدال، فسفر قابل جذب به روش اولسون. همچنین پتاسیم خاک هم به روش فلیم فتومتری اندازه‌گیری شد. برای تعیین بافت خاک منطقه مورد بررسی از روش هیدرومتری بایکاس (Bouyoucos) استفاده شد (Zarinkafsh, 1989). پس از محاسبه شاخص‌های تنوع گونه‌ای و تشکیل ماتریس داده‌های پوشش گیاهی و متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک در نرم‌افزار Excel، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون (کولموگراف-اسمیرنوف) در نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت

گیاهان، ابتدا مناطق انتشار آن‌ها با استفاده از منابع فلور مذکور و سپس کورولوژی گونه‌ها بر مبنای تقسیم نواحی جغرافیایی و مناطق فلورستیک تعیین شد (Zohary, 1973). اندازه‌گیری تنوع زیستی گیاهی در این پژوهش با استفاده از شاخص‌های زیر انجام شد.

الف) شاخص تنوع سیمپسون

$$D = \sum_{i=1}^S \left[\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right] \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، S تعداد گونه‌ها، n_i فراوانی گونه i

ام و N فراوانی کل گونه‌ها

ب) شاخص تنوع شانون-وینر

$$H' = \frac{n \log n - \sum f_i \log f_i}{n} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، n فراوانی کل (مجموع فراوانی

نسبی) و f_i فراوانی نسبی هر گونه

ج) یکنواختی شانون-وینر

$$Evenness = \frac{H}{\ln S(\text{Richness})} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه، H تنوع شانون-وینر و S مقدار غنای

گونه‌ای

د) غنای گونه‌ای

$$R = S \quad \text{رابطه (۴)}$$

در این رابطه، S غنای گونه‌ای و R تعداد کل گونه-

های شمارش شده

در این پژوهش، تحلیل خوشه‌ای با هدف کاهش

عامل ذهنیت در گسسته کردن گروه‌ها و تعیین گروه‌های

اکولوژیک به کار گرفته شد. در این تحلیل برای اندازه-

گیری فاصله‌ی قطعات نمونه از روش سورنسون و به-

منظور ادغام گروه‌ها با یکدیگر از روش Flexible beta

استفاده شد. همچنین تعیین سهم متغیرهای محیطی

اندازه‌گیری شده در تغییرات پوشش گیاهی و معرفی

مهم‌ترین عوامل محیطی تأثیرگذار بر تغییرات پوشش-

گیاهی با روش تحلیل تطبیقی متعارف (CCA) برآورد

شد (Mesdaghi, 2012).

در بررسی ۴۸ پلات از دو عرصه شاهد (بدون تفرج) و تفرج در پارک جنگلی گمبوعه، ۲۸ گونه گیاهی شناسایی شد، که از این تعداد ۵ گونه درختی، ۲ گونه درختچه‌ای و ۲۱ گونه علفی بودند. از گونه‌های شناسایی شده ۵ گونه فقط در منطقه تفرج، ۱۲ گونه فقط در منطقه شاهد (بدون تفرج) و ۱۱ گونه گیاهی بین دو منطقه شاهد و تفرج مشترک بودند. نتایج حاصل از این بررسی به‌طور کامل در جدول ۱ آورده شده است.

و پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون t مستقل مقادیر شاخص‌های محاسبه‌شده و مشخصه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در دو منطقه شاهد (فاقد تفرج) و محدوده تفرجی پارک جنگلی گمبوعه در سطح ۰/۰۵ مقایسه شدند. لازم به توجه است محاسبه شاخص‌های تنوع گونه‌ای همچون تجزیه و تحلیل خوشه‌ای (Cluster) و تحلیل تطبیقی متعارف (CCA) در نرم‌افزار PC-ORD نسخه ۴ انجام شد.

نتایج

جدول ۱- فهرست شکل‌های زیستی و پراکنش جغرافیایی گیاهان پارک جنگلی گمبوعه

Table 1. List of family, species, life form and chorotypes of Gamboue forest park

نام علمی گونه Scientific name	خانواده Family	نام فارسی Local name	فرم رویشی Vegetative form	شکل- زیستی Life form	کوروژوژی Chorology	حضور در منطقه Presence	
						تفرج Recreation	شاهد Control
<i>Cordia myxa</i> L.	<i>Boraginaceae</i>	سه پستان	Tree	Ph	Ss	*	-
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Myrtaceae</i>	اکالیپتوس	Tree	Ph	Ss	*	*
<i>Prosopis cineraria</i> (L.) Druce	<i>Mimosaceae</i>	کهور	Tree	Ph	Ss	*	*
<i>Phoenix doctylifera</i>	<i>Palmaceae</i>	نخل خرما	Tree	Ph	Ss	*	*
<i>Ziziphus spina christi</i> (L.) Willd.	<i>Rhamnaceae</i>	کنار	Tree	Ph	Ss	*	*
<i>Tomarix aphylla</i> (L.) karsten.	<i>Tamaricaceae</i>	گزشاهی- شورگر	Tree	Ph	IT, Ss	-	*
<i>Conocarpus erectus</i>	<i>Combretaceae</i>	کنوکارپوس	Tree	Ph	Ss, M	*	-
<i>Prosopis farcta</i>	<i>Caryophyllaceae</i>	جغجغه	Shrub	Ph	Ss	*	*
<i>Nerium oleander</i> L.	<i>Apocynaceae</i>	خرزهره	Shrub	Ph	Ss	*	-
<i>Capparis spinosa</i> L.	<i>Capparidaceae</i>	علف کور، دم مار	Herbaceous	Ch	IT, Ss, M	-	*
<i>Chenopodium murale</i> L.	<i>Chenopodiaceae</i>	سلمک گزنه‌ای	Herbaceous	Th	Cosm	*	*

شکل‌های زیستی: H: همی کریپتوفیت، Ch: کامفیت، Ph: فانروفیت، Th: تروفیت، Cr: کریپتوفیت.

پراکنش جغرافیایی: IT: ایران-تورانی، Ss: صحاری سندی، M: مدیترانه‌ای، Es: اروپا-سیبریایی، Cosm: جهان وطن.

Life form: H: Hemicryptophytes, Ch: Chomophytes, Ph: Phanerophytes, Th: Therophytes, Cr: Cryptophytic

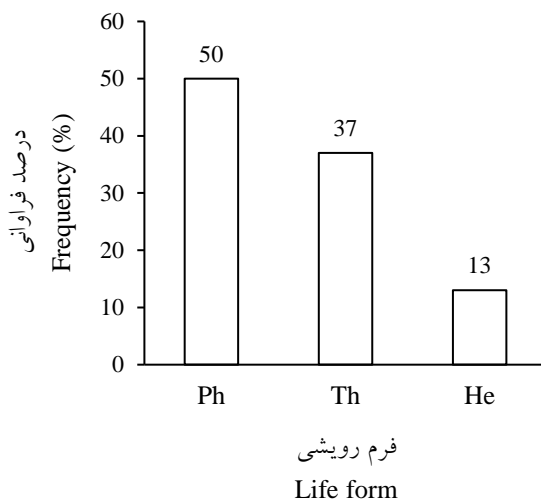
Chorology: IT: Irano-Torani, Ss: Sahara-Sindian, M: Mediterranean, Es: European-Siberian, Cosm: Cosmoplite

ادامه جدول ۱.

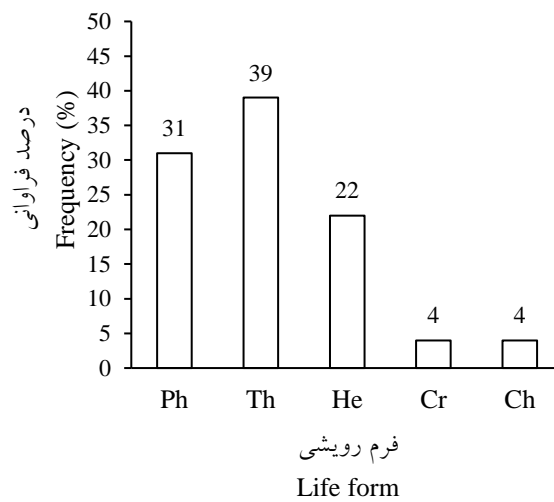
Continued table 1.

نام علمی گونه Scientific name	خانواده Family	نام فارسی Local name	فرم رویشی Vegetative form	شکل - زیستی Life form	کورولوژی Chorology	حضور در منطقه Presence	
						تفرج Recreation	شاهد Control
<i>Cichorium intybus</i> L.	Compositae	کاسنی	Herbaceous	H	IT, M, Es	-	*
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Gramineae	مرغ	Herbaceous	Cr	Cosm	-	*
<i>Stipa capensis</i> Thunb.	Gramineae	بهمن	Herbaceous	Th	IT, Ss, M	*	*
<i>Typha australis</i> schum. & Thonn.	Gramineae	نی	Herbaceous	H	IT, Ss, M	*	-
<i>Erodium oxywhynchum</i>	Gramineae	نوک لک لکی	Herbaceous	Th	IT, M	-	*
<i>Malva parviflora</i> L.	Malvaceae	پنیرک گل ریز	Herbaceous	Th	IT, M	*	*
<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Medicus.	Apiaceae	کیسه کشیش	Herbaceous	Th	Cosm	-	*
<i>Anagallis arvensis</i>	Primulaceae	آناغالیس	Herbaceous	Th	IT, M, Es	-	*
<i>Hordeum glaucum</i> steud	Gramineae	جو هرز	Herbaceous	Th	IT, M	*	*
<i>Senecio glaus</i> L.	Compositae	پیام بهار	Herbaceous	Th	IT, Ss, M	-	*
<i>Erysimum oleifolium</i>	Brassicaceae	خاکشیرتلخ	Herbaceous	Th	IT, Ss	*	-
<i>Lycium schawii</i> Romer	Solanaceae	سریم	Herbaceous	Ph	IT, Ss	-	*
<i>Bunium paucifolium</i> (Boiss.) B. fedtsch	Apiaceae	زیره هرز زراعی	Herbaceous	H	IT	-	*
<i>Lolium rigidum</i> Gaudin.	Gramineae	چچم سخت	Herbaceous	Th	M, IT	*	*
<i>Reichardia orientalis</i>	compositae	-	Herbaceous	H	IT, Ss	-	*
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaerth.	Asteraceae	خار مریم	Herbaceous	H	M, IT	*	*
<i>Imperata cylindrical</i>	Gramineae	حلفه	Herbaceous	H	IT, M, Es, Ss	-	*

که تروفیت‌ها با ۳۹ درصد (۹ گونه)، فانروفیت‌ها با ۳۱ درصد (۷ گونه) و همی کریپتوفیت‌ها با ۲۱/۷۳ درصد (۵ گونه) مهم‌ترین اشکال زیستی منطقه مورد بررسی بوده و کامفیت‌ها با ۴ درصد (۱ گونه) و کریپتوفیت‌ها نیز با ۴ درصد (۱ گونه) در مراتب بعدی اهمیت قرار دارند. همچنین فانروفیت‌ها با ۵۰ درصد (۸ گونه)، تروفیت‌ها با ۳۷ درصد (۶ گونه) و همی کریپتوفیت‌ها با ۱۳ درصد (۲ گونه) مهم‌ترین اشکال زیستی منطقه تفرجی بوده و اشکال زیستی کامفیت‌ها و کریپتوفیت نیز در منطقه دیده نشد (شکل ۲).



نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که در منطقه شاهد (بدون تفرج)، خانواده‌های گیاهی *Gramineae* (۶ گونه)، *Apiaceae* (۲ گونه)، *Compositae* (۲ گونه) پرجمعیت‌ترین خانواده‌های این منطقه محسوب شده و در مجموع ۴۳/۵ درصد از کل گونه‌های گیاهی این مناطق را شامل می‌شوند. همچنین خانواده *Gramineae* با ۴ گونه، پرجمعیت‌ترین خانواده در منطقه تفرجی بوده که در مجموع ۲۵ درصد از کل گونه‌های گیاهی این منطقه را شامل شد. طبقه‌بندی اشکال زیستی گیاهان به روش رانکایر در مناطق شاهد (بدون تفرج) نشان داد



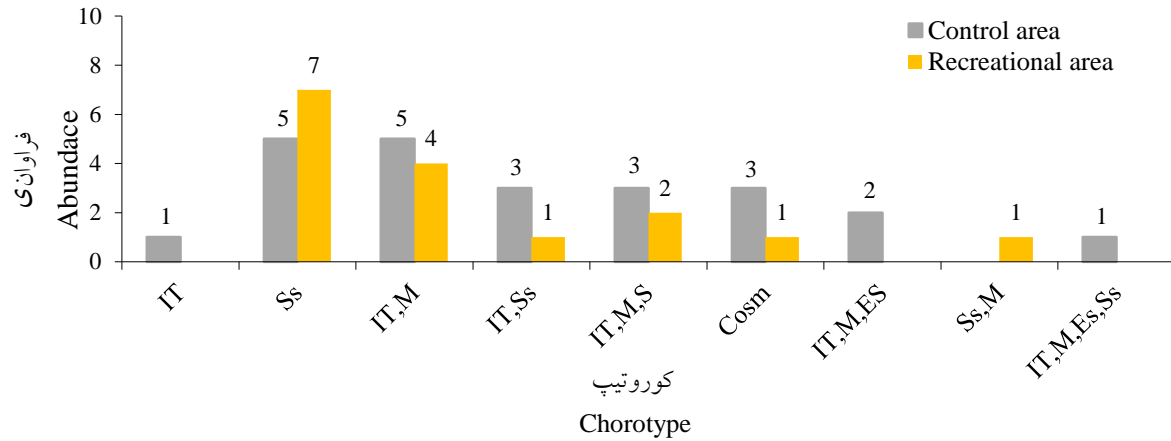
شکل ۲- درصد فراوانی اشکال زیستی گونه‌های گیاهی در مناطق شاهد (راست) و تفرجی (چپ)
Figure 2. Life form percentage in control area (Right) and recreational area (Left)

۸۲/۵۸ درصد از کل عناصر رویشی منطقه را به‌خود اختصاص می‌دهند و دیگر کوروتیپ‌ها از نظر اهمیت در مراتب بعدی قرار دارند. همچنین بررسی کوروتیپ رستنی‌ها در منطقه تفرج نشان داد گونه‌های متعلق به ناحیه صحاری سندی (Ss) و منطقه ایران-تورانی و مدیترانه‌ای (IT, M) در منطقه غلبه دارند. عناصر رویشی در منطقه صحاری سندی (Ss) با ۷ گونه (۴۳/۷۵ درصد)، ایرانی-تورانی و مدیترانه‌ای (IT, M) با ۴ گونه گیاهی (۲۵ درصد)، ایران-تورانی و صحاری سندی (IT, Ss) با ۱ گونه (۶/۲۵ درصد)، جهان‌وطنی

بررسی کوروتیپ در منطقه شاهد نشان داد گونه‌های متعلق به ناحیه صحاری سندی (Ss) و منطقه ایران-تورانی و مدیترانه‌ای (IT, M) در منطقه غلبه دارند. عناصر رویشی صحاری سندی (Ss) با ۵ گونه (۲۱/۷۳ درصد)، ایرانی-تورانی و مدیترانه‌ای (IT, M) با ۵ گونه (۲۱/۷۳ درصد)، ایران تورانی و صحاری سندی (۳ گونه) (۱۳/۰۴ درصد)، جهان‌وطنی با ۳ گونه گیاهی (۱۳/۰۴ درصد)، ایران تورانی و صحاری سندی و مدیترانه‌ای با ۳ گونه گیاهی (۱۳/۰۴ درصد)، مهم‌ترین کوروتیپ‌های موجود در منطقه بوده که در مجموع

۸۲/۵۸ درصد از کل عناصر رویشی منطقه را به خود اختصاص می‌دهند و دیگر کوروتیپ‌ها از نظر اهمیت در مراتب بعدی قرار گرفتند (شکل ۳).

(Cosm) با ۱ گونه گیاهی (۶/۲۵ درصد)، صحاری سندی و مدیترانه‌ای با ۱ گونه (۶/۲۵ درصد) مهم‌ترین کوروتیپ‌های موجود در منطقه بوده که در مجموع



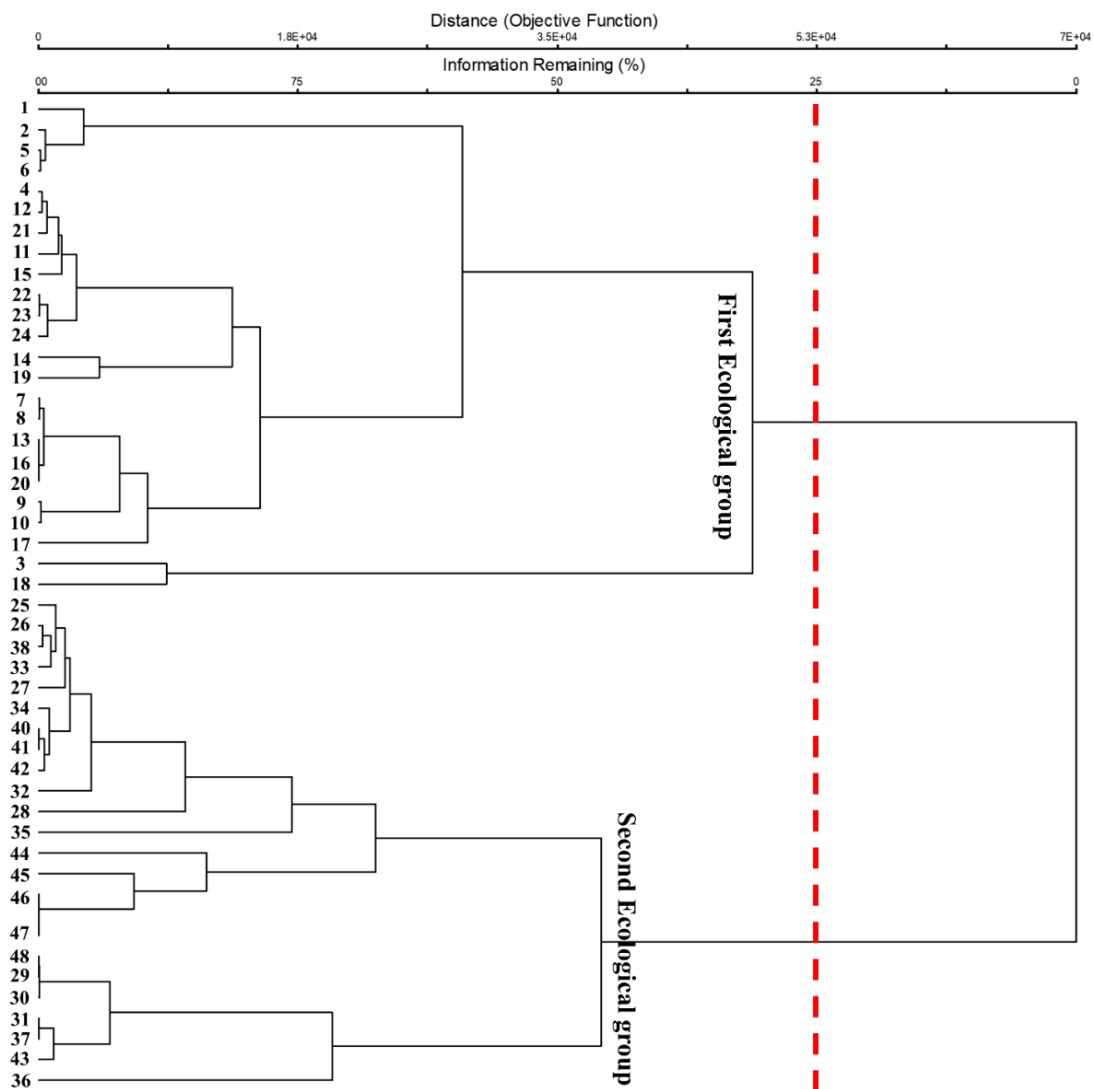
شکل ۳- پراکنش جغرافیایی گونه‌های گیاهی در منطقه شاهد و تفرجی
Figure 3. Chorology of plant species in control and recreational area

یکنواختی شانون وینر و غنای گونه‌ای مربوط به منطقه شاهد بیشتر از منطقه تفرج است (شکل ۵). همچنین نتایج آزمون t مستقل نشان داد که بین هر دو گروه اکولوژیک از نظر هدایت الکتریکی، درصد رطوبت اشباع، وزن مخصوص ظاهری، درصد ماده آلی، ازت کل، آهک، فسفر و پتاسیم کل اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همچنین مشخصه‌هایی نظیر اسیدیته، درصد شن، سیلت و رس بین گروه گونه‌های اکولوژیک از این نظر اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. نتایج مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون t مستقل نشان داد که ازت کل، درصد تخلخل، درصد ماده آلی، فسفر و پتاسیم کل در گروه اکولوژیک دوم (منطقه شاهد) بیشتر و مشخصه‌های درصد آهک، وزن مخصوص ظاهری، درصد رطوبت اشباع و هدایت الکتریکی هم بیشترین مقدار را در گروه دوم (منطقه تفرج) نشان دادند (جدول ۳).

نتایج خوشه‌بندی به روش خوشه‌ای نشان داد که قطعه‌های نمونه منطقه تفرج از نظر پوشش گیاهی دارای حداکثر شباهت بوده و در یک خوشه و تمام پلات‌های منطقه شاهد یا بدون تفرج هم حداکثر شباهت را داشته و در یک خوشه مجزا قرار گرفته‌اند. به این ترتیب می‌توان بیان کرد که تفرج موجب تشکیل و تفکیک دو گروه اکولوژیک مجزا در پارک جنگلی گمبوعه شده است که با توجه به نوع خوشه‌بندی شکل گرفته اختلاف این دو خوشه به‌طور کامل معنی‌دار است.

مقایسه شاخص‌های تنوع گونه‌های گیاهی در دو منطقه مورد بررسی شاهد و تفرجی، با استفاده از آزمون t مستقل نشان داد که اختلاف متغیرها در خصوص شاخص‌های تنوع سیمپسون، تنوع شانون وینر و یکنواختی شانون وینر در سطح $0/001$ و غنای گونه‌ای در سطح $0/05$ معنی‌دار است (جدول ۲).

همان‌طور که در نمودارها دیده می‌شود، میانگین شاخص‌های تنوع گونه‌ای سیمپسون، تنوع شانون وینر،



شکل ۴- دندروگرام حاصل از طبقه‌بندی پوشش گیاهی در پارک جنگلی گمبوعه

Figure 4. Cluster diagram of Gamboue forest park

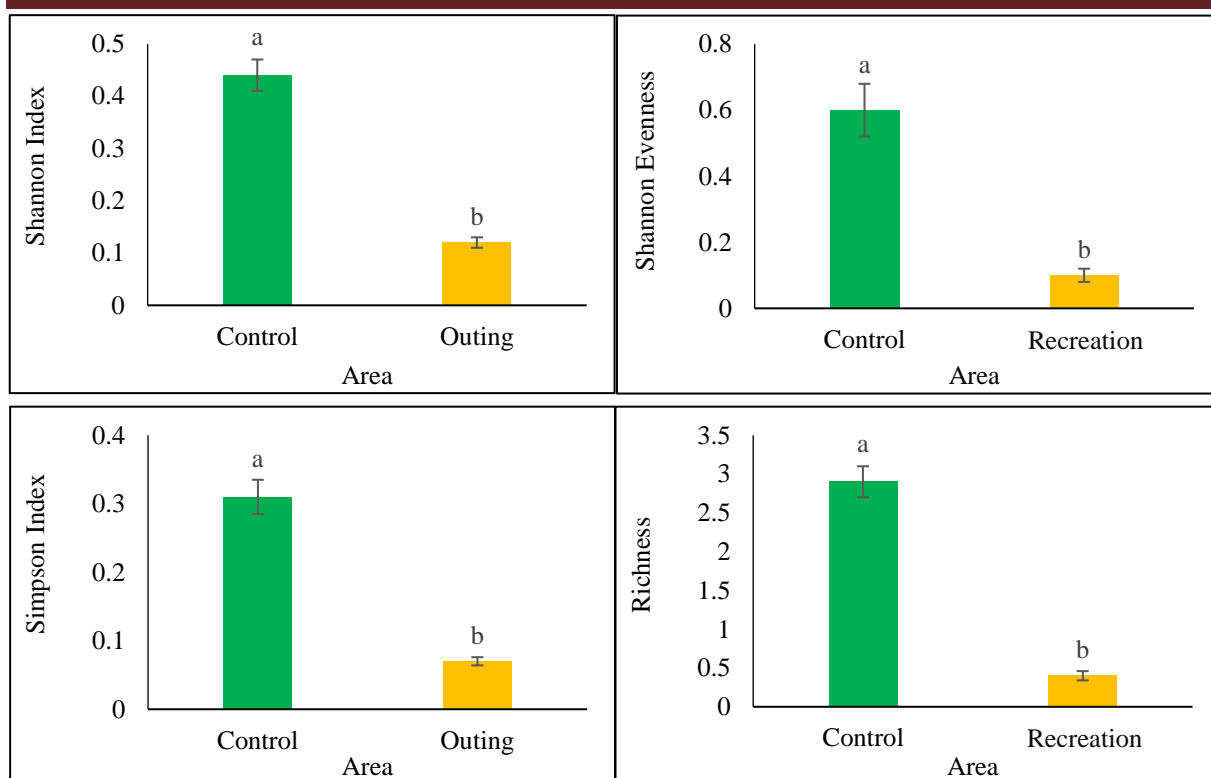
جدول ۲- نتایج آزمون t مستقل شاخص‌های تنوع گونه‌ای در دو منطقه شاهد و تفریحی

Table 3. Result of independent t test in control and recreational area

معنی‌داری Sig.	T	درجه آزادی df	شاخص تنوع گونه‌ای Species diversity index
** 0.000	3.42	47	تنوع سیمپسون Simpson Index
** 0.001	3.41	47	تنوع شانون وینر Shannon Index
** 0.001	3.55	47	یکنواختی شانون وینر Shannon Evenness
* 0.041	3.93	47	غناى گونه‌ای Richness

** معنی‌داری در سطح اشتباه ۰/۰۰۱، * معنی‌داری در سطح اشتباه ۰/۰۵، ns عدم معنی‌داری

** Sig. at the level of 0.001, * Sig. at the level of 0.05, ns: non-Sig.



شکل ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های تنوع گونه‌ای گیاهی

Figure 5. Average comparison of plant species diversity index

جدول ۳- مقایسه متغیرهای خاک بین گروه گونه‌های اکولوژیک بر اساس آزمون t مستقل

Table 4. Compare of soil factor according to T test between ecological group

T	F	df	میانگین \pm اشتباه معیار Mean \pm std	منطقه Area	متغیرها Variables
0.464 ^{ns}	0.188	47	31.230 \pm 0.69 30.8 \pm 0.63	شاهد	ماسه Sand
				Control	
				تفرج Recreation	
0.496 ^{ns}	0.428	47	34.7 \pm 0.59 34.3 \pm 0.54	شاهد	سیلت Silt
				Control	
				تفرج Recreation	
0.693 ^{ns}	1.632	47	34.13 \pm 0.58 33.6 \pm 0.49	شاهد	رس Clay
				Control	
				تفرج Recreation	
-19.644**	13.983	47	1.28 \pm 0.004-b 1.38 \pm 0.001-a	شاهد	وزن مخصوص ظاهری Bulk Density
				Control	
				تفرج Recreation	

** معنی‌داری در سطح اشتباه ۰/۰۱ ، * معنی‌داری در سطح اشتباه ۰/۰۵ ، ns عدم معنی‌داری

حروف غیر همسان بیانگر وجود اختلاف میانگین مقادیر عوامل مورد بررسی بین مناطق است.

** Sig. at the level of 0.001, * Sig. at the level of 0.05, ns: non-Sig.

Heterogeneous letters indicate the difference between the mean values of the studied factors between regions.

ادامه جدول ۳.

Continued table 3.

T	F	df	میانگین \pm اشتباه معیار Mean \pm std	منطقه Area	متغیرها Variables
17.311**	23.3	47	51.5 \pm 0.21-a 47.5 \pm 0.056-b	شاهد	تخلخل Porosity
				Control	
17.588**	0.582	47	36.33 \pm 0.73-b 55.63 \pm 0.81-a	شاهد	رطوبت اشباع SP
				Control	
23.467**	5.8	47	0.08 \pm 0.001-a 0.045 \pm 0.0007-b	شاهد	ازت کل N
				Control	
23.707**	2.23	47	314.1 \pm 0.6-a 289.9 \pm 0.81-b	شاهد	پتاسیم K
				Control	
20.048**	15.488	47	22.83 \pm 0.34-a 15.47 \pm 0.12-b	شاهد	فسفر P
				Control	
34.5**	2.836	47	0.746 \pm 0.009-a 0.328 \pm 0.006-b	شاهد	ماده آلی O.C
				Control	
-0.481 ^{ns}	1.33	47	7.45 \pm 0.047 7.48 \pm 0.04	شاهد	اسیدیته pH
				Control	
-21.945**	17.143	47	0.358 \pm 0.05-b 0.489 \pm 0.02-a	شاهد	هدایت الکتریکی E.C
				Control	
-19.646**	5.856	47	23.2 \pm 0.3-b 33.3 \pm 0.41-a	شاهد	آهک T.N.V
				Control	

** معنی داری در سطح اشتباه ۰/۰۱ ، * معنی داری در سطح اشتباه ۰/۰۵ ، ns عدم معنی داری
حروف غیر همسان بیانگر وجود اختلاف میانگین مقادیر عوامل مورد بررسی بین مناطق است.

** Sig. at the level of 0.001, * Sig. at the level of 0.05, ns: non-Sig.

Heterogeneous letters indicate the difference between the mean values of the studied factors between regions.

تشکیل این گروه است. گونه‌های *Bromus glaucum*، *Bromus danthonia*، *Ziziphus spina christi* و گونه درختچه‌ای *Prosopis faracta* از جمله گونه‌های گیاهی شاخص این گروه محسوب می‌شوند. همچنین تحلیل همبستگی نشان داد که گروه دوم با محور اول همبستگی منفی دارد. تمام قطعه‌های نمونه این گروه مربوط به منطقه تفرجی است. مشخصه‌هایی نظیر ازت کل، هدایت الکتریکی و آهک از جمله مهم‌ترین عوامل در تشکیل این گروه اکولوژیک است. گونه‌های گیاهی نظیر *Cynodon dactylon*، *Stipa capensis*، *Hordeum murinum* و *Malva parviflora* از جمله گونه‌های شاخص این گروه محسوب می‌شوند (شکل ۶).

بر اساس تحلیل DCA طول محور اول و دوم ۴/۶ و ۴/۳۵ برآورد شد، از این رو روابط بین عوامل محیطی و پوشش گیاهی با استفاده از آنالیز CCA بررسی شد. در این آنالیز از محورهای اول و دوم CCA به دلیل دارا بودن بالاترین مقدار ویژه (Eigen Value) به ترتیب ۰/۳۰۸ و ۰/۱۰۹ و همچنین ۳۶/۹ و ۱۶/۱ درصد واریانس برای نشان دادن همبستگی استفاده شد (جدول ۴). این روش یک روش آنالیز مستقیم است که برای بررسی ارتباط بین پراکنش گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی به کار برده می‌شود. تحلیل همبستگی انجام شده نشان داد تمام قطعات نمونه گروه دوم مربوط به شاهد است که با محور یک همبستگی مثبت دارد. تخلخل، رطوبت اشباع، درصد ماده آلی، وزن مخصوص ظاهری، فسفر و پتاسیم کل مهم‌ترین خصوصیات ادافیکی در

جدول ۴- نتایج همبستگی پیرسون بین مشخصه‌های محیطی و محورهای یک و دو CCA

Table 5. Result of Pearson correlation between environmental factor and CCA axis

همبستگی	محور دوم	همبستگی	محور اول	مشخصه‌های خاک
Correlation	Second Axis	Correlation	First Axis	Soil Variables
ns	0.027	ns	0.025	شن Sand
ns	0.203	ns	0.08	سیلت Silt
ns	0.172	ns	0.173	رس Clay
ns	-0.0123	**	0.545	وزن مخصوص ظاهری gr/cm^3 Bulk Density
ns	-0.035	**	0.913	تخلخل Porosity
ns	0.091	**	-0.948	آهک T.N.V
ns	-0.102	**	0.854	رطوبت اشباع SP
ns	-0.093	**	0.976	ماده آلی O.C
ns	0.1	**	-0.986	نیترژن کل N

** معنی‌داری در سطح اشتباه ۰/۰۱، * معنی‌داری در سطح اشتباه ۰/۰۵، ns عدم معنی‌داری

** Sig. at the level of 0.001, * Sig. at the level of 0.05, ns: non-Sig.

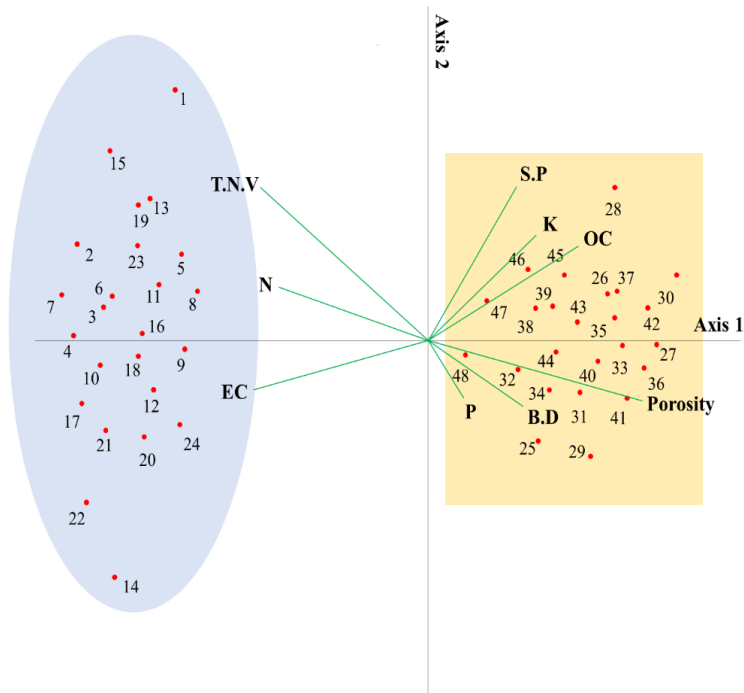
ادامه جدول ۴.

Continued table 4.

همبستگی Correlation	محور دوم Second Axis	همبستگی Correlation	محور اول First Axis	مشخصه‌های خاک Soil Variables
ns	-0.165	**	0.933	فسفر کل mg/kg^{-1} P
ns	-0.185	**	0.973	پتاسیم کل mg/kg^{-1} K
ns	0.062	ns	-0.29	اسیدیته 1:1 H_2O pH
ns	-0.117	**	-0.958	هدایت الکتریکی E.C
-	0.109	-	0.308	مقادیر ویژه Eigen Value
-	16.1	-	36.9	درصد تبیین واریانس

** معنی داری در سطح اشتباه ۰/۰۱ ، * معنی داری در سطح اشتباه ۰/۰۵ ، ns عدم معنی داری

** Sig. at the level of 0.001, * Sig. at the level of 0.05, ns: non-Sig.



شکل ۶- رسته‌بندی قطعات نمونه حاصل از تجزیه و تحلیل CCA

Figure 6. Classification of plots according to CCA analyze

فانروفیت، ۲۲ درصد همی کریپتوفیت و در نهایت کامفیت‌ها و کریپتوفیت‌ها ۴ درصد است. تروفیت‌ها مخصوص نواحی خشک و نامساعد هستند. در منطقه شاهد به علت عدم آبیاری و رسیدگی نسبت به مناطق

بحث

نتایج حاصل از بررسی اشکال زیستی و کورولوژی گونه‌های گیاهی نشان داد که توزیع فرم روشی گیاهان در منطقه شاهد، ۳۹ درصد تروفیت، ۳۱ درصد

تفرجی پارک جنگلی گمبوعه، حضور این گیاهان افزایش داشته است. لازم به توجه است بالابودن مقدار حضور گونه‌های گیاهی تروفیت در منطقه می‌تواند نشانگر تحت فشاربودن و تخریبی‌بودن هر دو منطقه مورد بررسی باشد (Shahraki et al., 2008). همی-کریپتوفیت‌ها در این پارک جنگلی درصد کمتری را به خود اختصاص داده زیرا مخصوص نواحی مرتفع هستند. کامفیت‌ها و کریپتوفیت‌ها هم جز ضعیف‌ترین گیاهان نسبت به شرایط نامساعد بوده به این دلیل در مناطق تفرجی حضور نداشتند و فقط با درصد بسیار کم در مناطق شاهد (بدون تفرج) دیده شدند (Zohary, 1973). در منطقه تفرج، فانروفیت‌ها ۵۰ درصد اشکال زیستی را به خود اختصاص داده‌اند. فراوانی فانروفیت به دلیل تفرجی‌بودن منطقه است. برنامه‌ریزی‌های مدیریتی که توسط مدیریت پارک انجام می‌گیرد شامل یکسری اقدامات احیایی از جمله نهالکاری و کشت گیاهان زینتی است که در نهایت موجب به افزایش چشمگیر فرم رویشی فانروفیت در منطقه شده است. نتایج بررسی پراکنش جغرافیایی نشان داد که کوروتیپ صحاری سندی و ایران تورانی-مدیترانه‌ای نسبت به دیگر کوروتیپ‌ها در منطقه شاهد بیشتر بود که همین نتیجه هم در منطقه تفرجی حاصل شد. پراکنش جغرافیایی مجموعه گیاهان یک منطقه بازتاب تأثیرپذیری آن‌ها از ناحیه یا نواحی رویشی مختلف است (Asri, 2003). با توجه به اینکه گونه‌های گیاهی با کوروتیپ ناحیه رویشی ایران-تورانی در تمام مناطق مورد بررسی، مهم‌ترین گروه اکولوژیک موجود در منطقه هستند، می‌توان بیان داشت که تمام مناطق مورد پژوهش به ناحیه رویشی ایران-تورانی تعلق دارد. پژوهش‌های پوشش‌گیاهی جنگل‌های زاگرس در استان‌های لرستان، کرمانشاه و خوزستان در این رابطه نتایج مشابهی را گزارش دادند (Abrari et al., 2008).

از آنجا که زاگرس در منطقه ایران-تورانی و ناحیه ایران-آناتولی قرار دارد، می‌توان برای آن جایگاهی در حد یک حوزه، به نام زاگرس قائل شد (Mosadegh, 1998; Zohary, 1963-1973)، از این‌رو حضور غالب عناصر ایران-تورانی در مناطق مورد بررسی امری واضح به نظر می‌رسد. نتایج این بررسی از این نظر به پژوهش Dolatkhahi et al. (2011) در منطقه حفاظت‌شده ارژن-پریشان در استان فارس، (Yavari and Heydari Shahgolzarri در منطقه خان گرمز همدان، et al. (2013) در منطقه دالاب ایلام تشابه دارد. در هر دو منطقه کوروتیپ صحاری-سندی نیز از بیشترین فراوانی برخوردار بود که می‌توان بیان داشت خوزستان در اقلیم گرم و خشک و ناحیه بیابانی و نیمه‌بیابانی قرار دارد. با توجه به اقلیم خوزستان افزایش گونه‌های متعلق به کوروتیپ صحاری سندی اجتناب‌ناپذیر است (Zohary, 1973). نتایج حاصل از پژوهش نشان داد میانگین شاخص‌های تنوع سیمپسون، تنوع شانون وینر، یکنواختی شانون وینر و غنای گونه‌ای گیاهی مربوط به منطقه شاهد بیشتر از منطقه تفرج است. منطقه شاهد به علت قرارگرفتن در انتهای پارک جنگلی گمبوعه، دور بودن از سرویس‌های بهداشتی، ناهمواری زمین و ناامنی، حتی در روزهای تعطیل و ایام عید فاقد تردد است. پس دخالت انسان، فشار تخریبی، آتش‌سوزی، کندن علف‌ها و بوته‌ها نیز کمتر دیده می‌شود. در نتیجه شرایط مطلوبی را برای رشد گونه‌های علفی فراهم کرده است که این امر سبب شده منطقه شاهد از شاخص‌های تنوع گیاهی بالاتری نسبت به منطقه تفرج برخوردار شود. (Ejtehadi et al. (2004 طی پژوهشی تحت عنوان بررسی و مقایسه تنوع گونه‌ای گیاهان دو عرصه تحت چرا و قرق مرتع کهنه لاشک نوشهر دریافتند که مقادیر شاخص‌های تنوع گونه‌ای در منطقه قرق و کم تردد

با عنوان بررسی تنوع گونه‌های اکوسیستم‌های ساحلی مازندران (شبه جزیره میانکاله) به‌عنوان یک منطقه حفاظت شده و کلارآباد تا رامسر به‌عنوان مناطق مورد بازدید انسان‌ها پرداخت، مطابقت دارد. نتایج نشان داد که اکوسیستم ساحلی حفاظت‌شده در مقایسه با سواحل دست‌خورده غرب مازندران، از تنوع گیاهان بالاتری برخوردار است. بررسی و بررسی متغیرهای فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داد که تفرج تأثیری روی بافت خاک ندارد. بافت از ویژگی‌های ذاتی خاک بوده و متأثر از سنگ مادر است و تفرج تأثیری بر بافت خاک نمی‌گذارد. (Mirza ali (2004 در تحقیقات خود نشان داد که pH خاک همبستگی بسیار قوی با بارندگی داشته به‌طوری که مناطق خشک و نیمه‌مرطوب قلیایی یا خنثی بوده و بیشتر خاک‌های مناطق مرطوب اسیدی هستند. از آنجا که مناطق مورد بررسی در کنار یکدیگر بوده و در یک منطقه آب و هوایی قرار دارند از این‌رو تأثیر بارندگی بر هر دو یکسان است. از طرف دیگر pH خاک به مواد مادری خاک نیز بستگی دارد و با توجه به اینکه دو منطقه مواد مادری یکسانی دارند مقدار pH نیز یکسان است. این نتیجه با یافته‌های (Dormaar (1998 و (Mirza ali (2004 مطابقت دارد. نتایج این بررسی نشان داد مقدار EC در منطقه جنگلکاری‌شده (تفرجی) که تحت تردد است بیش از منطقه شاهد است. بهره‌برداری غلط از اراضی، تردد بیش از حد انسان و ماشین‌آلات در منطقه، از بین بردن پوشش گیاهی می‌تواند خشک‌زاری این زون را افزایش داده و این امر سبب افزایش تبخیر شده و در نتیجه تمایل به شوری بیشتر می‌شود.

Mut and Ayan (2011) گزارش دادند که قرق

سبب کاهش EC خاک شده است. در این پژوهش همچنین وزن مخصوص ظاهری خاک در منطقه شاهد

بیش از منطقه تحت چرا است. نتایج نشان داد شاخص سیمپسون در عرصه قرق ۰/۹۸ و در عرصه چرا ۰/۹۷، شاخص تنوع شانون وینر در عرصه قرق ۴/۲۶ و در عرصه چرا ۳/۹۰، شاخص یکنواختی شانون وینر در عرصه قرق ۰/۹۸ و در عرصه چرا ۰/۹۵ و غنای گونه‌ای مارگالف در عرصه قرق ۱۳/۷۴۶ و در عرصه چرا ۹/۴۰۷۳ برآورد شد. (Hosseini et al. (2011 به بررسی اثر اکوتوریسم بر شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی در پارک جنگلی چالدره پرداختند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. همچنین نتایج این بررسی با پژوهش‌هایی که توسط (Lorestani et al. (2011 به بررسی اثرات اکوتوریسم بر کوبیدگی خاک و شاخص‌های تنوع زیستی گونه‌های گیاهی در پارک جنگلی صفارود پرداختند، مطابقت دارد. پس از شناسایی گونه‌های گیاهی سه زون پرفشار، زون با فشار متوسط و کم فشار و محاسبه شاخص تنوع سیمپسون و غنای گونه‌ای مارگالف و منهنینگ نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های تنوع گونه‌ای در سه منطقه با استفاده از آزمون دانکن، نشان داد که در زون با فشار کم، نسبت به زون با فشار متوسط و زیاد مقدار میانگین شاخص تنوع سیمپسون و غنای گونه‌ای بیشتر بوده و تفاوت آماری معنی‌داری را نشان می‌دهد. (Valadi et al. (2017 هم که به بررسی اثرات تخریب انسانی در جنگل‌های بلوط طبیعی زاگرس پرداختند و نشان دادند که عرصه‌هایی که تحت دخالت و تردد انسان بودند از تنوع گونه‌ای گیاهی کمتری برخوردارند.

(Malekan (1999، به بررسی اثر فشار توریسم بر

پارامترهای جنگل‌شناسی مناطق جنگلی سی‌سنگان پرداخت و بیان داشت که حضور توریسم در از بین رفتن پوشش علفی و نهال، افزایش زباله، فرسایش خاک و کاهش وحوش تأثیر به‌سزایی دارد. نتایج این بررسی با پژوهشی که توسط (Amini Ashkevari et al. (2002

زیر پوشش گیاهان با ریشه فراوان‌اند، معمولاً دارای مقدار بیشتری مواد آلی و نیتروژن هستند (Jalilvand et al., 2012). بنابراین در منطقه بدون تفرج به دلیل بالا بودن مقدار پوشش گیاهی و همچنین حجم زیاد ریشه در خاک، نیتروژن در این منطقه بیشتر از منطقه تفرجی برآورد می‌شود. بررسی مقدار فسفر در خاک دو منطقه نشان داد که مقدار فسفر در منطقه شاهد (بدون تفرج) مقدار بیشتری را نشان می‌دهد. گیاهان فسفر را از لایه‌های عمیق‌تر خاک جذب نموده و پس از مردن و پوسیده شدن انساج آن‌ها، مقدار زیادی فسفر در لایه سطحی خاک تجمع پیدا می‌کند. از آنجا که مقدار پوشش گیاهی در منطقه بدون تفرج بیشتر است مقدار فسفری که توسط ریشه گیاهان جذب و به خاک اضافه شده نیز بیشتر می‌شود. این نتیجه با نتایج حاصل از پژوهش Hossain Zadeh et al. (2007) مطابقت دارد. همچنین قسمت عمده فسفر در خاک به صورت ترکیب با ماده آلی بوده و از این رو خاک‌های سرشار از مواد آلی، دارای فسفر بیشتری هستند (Jalilvand et al., 2012). آهک توسط آب و باران به بی‌کربنات محلول تبدیل شده و به قسمت‌های عمیق خاک منتقل می‌شود. حال اگر نفوذپذیری خاک زیاد باشد بی‌کربنات از محیط خارج می‌شود. از آنجا که نفوذپذیری خاک در منطقه تفرجی کمتر است، آب نفوذیافته به داخل خاک کمتر بوده و قادر به خروج آهک از خاک نیست، ولی در منطقه شاهد که نفوذپذیری خاک به علت پوشش گیاهی بیشتر است به علت افزایش آب نفوذ یافته و آب شویی، مقدار آهک در خاک این منطقه کاهش می‌یابد (Attarroshan, 2017). در منطقه مورد بررسی با استفاده از مشخصه‌های خاکی، دو گروه گونه اکولوژیک مشخص شد. از عوامل خاکی بررسی شده در این پژوهش، ماده آلی، ازت کل، درصد رطوبت اشباع، وزن مخصوص ظاهری، فسفر، پتاسیم، درصد تخلخل،

(فاقد تفرج) کاهش یافت. تردد زیاد انسان و ماشین‌آلات و همچنین کاهش پوشش گیاهی در منطقه جنگلکاری شده (تفرجی) سبب تراکم و فشردگی خاک شده و در نتیجه سبب افزایش وزن مخصوص ظاهری می‌شود. از طرف دیگر کاهش مقدار ماده آلی در خاک منطقه تفرجی سبب افزایش وزن مخصوص ظاهری شده است. با از بین رفتن مواد آلی و خرد شدن خاکدانه‌ها در اثر تردد که خاکدانه‌ها را به ذرات ریزتری تبدیل می‌کند و این ذرات در خلل و فرج خاک جای گرفته و وزن مخصوص ظاهری خاک را افزایش می‌دهند. افزایش نفوذ ریشه و فعالیت‌های بیولوژیکی گیاهان علفی در خاک منطقه شاهد سبب تسهیل در هوادهی و نفوذ بیشتر آب به داخل خاک شده و این امر می‌تواند سبب کاهش وزن مخصوص ظاهری در آن منطقه شود.

Pei et al. (2008) به این نتیجه رسیدند که تردد دام، انسان و فشرده شدن خاک توسط لگدکوبی سبب افزایش وزن مخصوص ظاهری شده است. لازم به ذکر است در منطقه تفرجی با افزایش وزن مخصوص ظاهری به دلیل لگدکوبی خاک مقدار تخلخل نیز به شدت کاهش یافته که بر نفوذپذیری خاک نیز اثر گذاشته و نفوذپذیری خاک نسبت به آب را کاهش می‌دهد. با توجه به نتایج پژوهش می‌توان بیان داشت که در منطقه تفرج به دلیل وجین گونه‌های علفی و کم شدن درصد پوشش، زی‌توده گیاهی و در نتیجه کاهش بازگشت ماده آلی به خاک، مقدار ماده آلی و کربن آلی کاهش می‌یابد. این نتیجه با یافته Soussana et al. (2010) مطابقت دارد. همچنین نتایج نشان داد که در منطقه تفرجی از مقدار نیتروژن خاک کاسته شده است و این تغییرات روندی مشابه تغییرات ماده آلی خاک را دارا است. پوشش گیاهی از لحاظ نوع و تراکم پوشش، در مقدار نیتروژن خاک نقش مهمی دارد. خاک‌هایی که

نظیر فسفر، پتاسیم و ازت از عوامل مهم در پراکنش و تفکیک جوامع گیاهی معرفی شده‌اند که نتایج حاصل از این پژوهش هم این موضوع را تأیید می‌کند (Fu et al., 2004; Salifo, 2006).

(Fu et al., 2004) در پژوهشی با عنوان ارتباطات بین خصوصیات خاک، توپوگرافی و تنوع گیاهان در یک جنگل ناهمگن خزان‌کننده پهن‌برگ در نزدیکی بیجینگ در چین بیان کردند که ماده آلی خاک یک شاخص مهم برای حاصلخیزی است و در بین تمام فاکتورهای خاک، ماده آلی و نیتروژن کل بیشترین اثر را روی ویژگی‌ها و پراکنش گیاهان دارند. نتایج بررسی حاضر اثر ماده آلی را در پراکنش گونه‌های گیاهی و تفکیک گروه گونه‌های اکولوژیک تأیید کرد که نتایج بررسی‌های مشابه هم این موضوع را تأیید می‌کند (Salehi et al., 2010). در خاک‌هایی با مواد آلی بالا ظرفیت تبادل کاتیونی افزایش یافته و انتظار حضور کاتیون‌های مختلف نیز بیشتر خواهد شد (Dahlgren and singer, 1997). بالا بودن ماده آلی در گروه اکولوژیک اول می‌تواند عامل بالارفتن ظرفیت تبادل کاتیونی باشد که این پدیده را نتایج بررسی‌های مشابه نیز تأیید می‌کند (Camping et al., 2002; Dahlgren et al., 2003). نیتروژن نیز به‌عنوان یک عنصر تنظیم‌کننده در مقدار مصرف پتاسیم، فسفر و دیگر مواد غذایی مطرح است. مواد آلی اضافه‌شده به خاک به واسطه افزایش بازگشت شاخه و برگ گیاهان و همچنین عناصر غذایی (نظیر نیتروژن) را در درون ساختمان خود ذخیره کرده و همچنین ظرفیت ذخیره عناصر غذایی را به شکل ظرفیت تبادل کاتیونی افزایش می‌دهد (Salehi et al., 2010). عوامل مختلفی در یک اکوسیستم سبب پیدایش تنوع گونه‌ای می‌شود. تأثیر این عوامل در یک محیط طبیعی حاصل تأثیرگذاری متقابل گونه‌های گیاهی و عوامل محیطی است. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که

هدایت الکتریکی و درصد آهک به‌عنوان مهمترین عوامل در تفکیک و طبقه‌بندی رویشگاه مطرح شدند. آنالیز CCA که همزمان داده‌های محیطی و پوشش-گیاهی را مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌دهد، منطقه را به دو رویشگاه و به تبع آن دو گروه اکولوژیک تفکیک کرد. مشخصه‌های ماده آلی و ازت کل از عوامل مهم دیگر در پراکنش و تفکیک گروه‌ها در بررسی حاضر بود. این دو عامل ادافیک به‌طور قوی با پراکنش گونه‌های گیاهی همبستگی دارند (Small and McCarthy, 2005). رویشگاهی که تجمع مواد آلی بیشتری داشتند (منطقه شاهد)، وزن مخصوص ظاهری کمتری را نشان دادند. (Mirzaie (2007) نیز در پژوهش خود در دره ارغوان ایلام در این مورد به نتیجه مشابهی دست یافت. گروه گونه اکولوژیک دوم در مقابل گروه گونه اکولوژیک اول قرار دارد و خاک آن مقدار مواد آلی کمتر، فشردگی بیشتر و وزن مخصوص ظاهری بالاتری دارد. (Attarroshan (2017) اظهار کرد: وزن مخصوص ظاهری خاک‌های آلی در مقایسه با خاک‌های معدنی کمتر است. نتایج این بررسی نشان داد که وزن مخصوص ظاهری در تفکیک گروه‌های گیاهی و پراکنش گونه‌ها مؤثر است.

(Kent and Coker (1992) بیان نمودند که: وزن مخصوص ظاهری نقش مهمی در توسعه و پراکنش گیاهان، توسعه ریشه، نفوذ، حفظ و بکارگیری منابع آب دارد، همچنین (Bajtala (1999) نشان داد که وزن مخصوص ظاهری بر مقدار رطوبت خاک و در نتیجه پراکنش گونه‌های گیاهی مؤثر است. بالا بودن مقدار پتاسیم در منطقه شاهد به‌علت تأثیر مستقیم بالا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی در این گروه است که این مسئله خود ناشی از بالا بودن مقدار مواد آلی در خاک این گروه است که نتایج بررسی‌های (Dahlgren et al. (2003) نیز این موضوع را تأیید می‌کند. مشخصه‌هایی

گیاهان موجب شده است که مقدار مواد مغذی خاک افزایش یابد. مقایسه مشخصه‌های خاک و پوشش گیاهی در داخل و خارج از منطقه تفرجی حاکی از وضعیت مناسب پوشش گیاهی و خاک در منطقه شاهد (بدون تفرج) است. این پژوهش نشان داد تفرج با توجه به مزایا و فوایدی که برای انسان دارد اما اگر به صورت علمی و با رعایت معیارهای فنی اجرا نشود می‌تواند آثار مخربی هم داشته باشد که نتایج سوء این آثار در بلندمدت پدیدار خواهد شد.

References

- Abedi, R., The effect of nature tourism on the structural features and biodiversity of wood species in the ecosystem Forest (Case Study: Arasbaran Forest). *Journal of Iran Biology* **2019**, 32 (2), 45-59. (In Persian)
- Abrari, K.; Rashidy-Pour, A.; Semnanian, S.; Fathollahi, Y., Administration of corticosterone after memory reactivation disrupts subsequent retrieval of a contextual conditioned fear memory: dependence upon training intensity. *Neurobiology of learning and memory* **2008**, 89 (2), 178-184.
- Amini Ashkevari, T.; H., Ejtehad, H., Kianmehr & M., AsadiFlora study and diversity comparison Species of coastal ecosystems of Mazandaran (pseudo Miankaleh Island and Clarabad to Ramsar). Summary Proceedings of the First Iranian Conference on Plant Science and Biodiversity, Tehran, Iran, 2002; pp. 171-180. (In Persian)
- Asri, Y., Plant diversity in the biosphere reservoir Desert. Forest and rangelands Research Institute Publication, Tehran, 2003, 326 p. (In Persian)
- Attaroshan, S., Study of ecological species groups and plant species diversity in Masjed Solieman Tang-e-pol *Ziziphus spina-christii* forest reservation after long exclosure, *journal of plant ecosystem conservation* **2017**, 10 (4), 197-212. (In Persian)
- Bajtala, M. J. Spatial patterns of duff consumption in Black spruce and Jack pine stands in the boreal mixed wood forest. 1999.
- Bakhshi, H.; Namiranian, M., Makhdoom, M., Zahedi Amiri, Gh., The impact of recreation on regeneration, herbaceous cover and soil quality (A case study: Nour forest park). *Forest and Wood Products* **2010**, 65 (3), 271-283.
- Braun-Blanquet, J., Sociology, P., the Study of Plant Communities. *Translated by G. Fuller* **1932**.
- Camping, T. J.; Dahlgren, R. A.; Tate, K. W.; Horwath, W. R. In *Change in soil quality due to grazing and oak tree removal in California blue oak woodlands*, In: Standiford, Richard B., et al, tech. editor. Proceedings of the Fifth Symposium on Oak Woodlands: Oaks in California's Challenging Landscape. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-184, Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, US Department of Agriculture: 75-85, 2002.
- Dahlgren, R.; Horwath, W.; Tate, K.; Camping, T., Blue oak enhance soil quality in California oak woodlands. *California Agriculture* **2003**, 57 (2), 42-47.
- Dahlgren, R.; SINGER, M. J.; Huang, X., Oak tree and grazing impacts on soil properties and nutrients in a California oak woodland. *Biogeochemistry* **1997**, 39 (1), 45-64.
- Dolatkhahi, M.; Yousofi, M.; Asri, Y., Floristic studies of Parishan Wetland and its surroundings in Fars province. **2010**.
- Dormaar, J. F.; Willms, W. D., Effect of forty-four years of grazing on fescue grassland soils. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives* **1998**, 51 (1), 122-126.
- Ejtehad, H.; Amini, T.; Kianmehr, H.; Assadi, M., Floristical and chorological studies of vegetation in Myankaleh wildlife refuge, Mazandaran province, Iran. *Iranian International Journal of Science* **2003**, 4 (2), 107-120.

- Eshaghi Rad, J.; Heidari, M.; Mahdavi, A.; Zeinivandzadeh, M., Impact of recreational activities on vegetation and soil in forest park (case study: Choghasabz Forest Park-Ilam). *Iranian journal of forest* **2011**, 3 (1), 71-80.
- Farzoud, M.; Daneh Kar, A., Zahedi Amiri, Gh., Explaining the criteria and indicators of sustainable tourism management (sample study: Mangrove forests of Qeshm dough area). *Journal of Tourism Planning and Development* **2016**, 5 (17), 169-194. (In Persian)
- Fattahi, M.; Nazeri, V.; Torras-Claveria, L.; Sefidkon, F.; Cusido, R. M.; Zamani, Z.; Palazon, J., A new biotechnological source of rosmarinic acid and surface flavonoids: Hairy root cultures of *Dracocephalum kotschy* Boiss. *Industrial Crops and Products* **2013**, 50, 256-263.
- Fu, B.; Liu, S.; Ma, K.; Zhu, Y., Relationships between soil characteristics, topography and plant diversity in a heterogeneous deciduous broad-leaved forest near Beijing, China. *Plant and soil* **2004**, 261 (1), 47-54.
- General Meteorological Department of Khuzestan Province Statistical Yearbook, Khuzestan Province, Ahvaz, 2018. 816p. (In Persian)
- Ghahreman, A., Color flora of Iran, Research Institute of Forest and Rangelands, Tehran, 1980-2002. 591p. (In Persian)
- Hosseini, M.; Zamani, G.; Alizadeh, H.; Eslami, S. In *Evaluation effect of wheat residue management and different densities of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on growth and seedbank weeds*, Proceedings of 3rd Iranian Weed Science Congress, Volume 2: Key papers, weed management and herbicides, Babolsar, Iran, 17-18 February 2010, Iranian Society of Weed Science: 2010; pp 71-75.
- Hosseinzadeh, H.; Motamedshariaty, V.; Hadizadeh, F., Antidepressant effect of kaempferol, a constituent of saffron (*Crocus sativus*) petal, in mice and rats. *Pharmacologyonline* **2007**, 2, 367-370.
- Jalilvand, M. R.; Samiei, N., The impact of electronic word of mouth on a tourism destination choice: Testing the theory of planned behavior (TPB). *Internet Research* **2012**.
- Kacholi, D. S., Analysis of Structure and Diversity of the Kilengwe Forest in the Morogoro Region, Tanzania, *International Journal of Biodiversity* **2014**, 31 (3), 1-8.
- Kayvan Behjou, F.; Pour Gholi Z., Regression and comparative study of tree and shrub species diversity in conditions Management of protection and recreation in Ardabil hazelnut forest. *Journal of Iran Biology* **2019**, 32 (3), 49-63. (In Persian)
- Kent, M.; Coker, P., Vegetation description and analysis: a practical approach. John Wiley & Sons, 1992. 287p.
- Lorestani, B.; Cheraghi, M.; Yousefi, N., The potential of phytoremediation using hyperaccumulator plants: a case study at a lead-zinc mine site. *International journal of phytoremediation* **2012**, 14 (8), 786-795.
- Malekan, A., Investigating the effect of tourism on Forestry parameters of forest park Sisangan, Master Thesis, Tehran university, Tehran, 1999; 98p. (In Persian)
- 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.
- Mesdaghi, M., Statistical and regression methods "An applied approach to plant and animal sciences". Imam Reza University Press., Mashhad, Iran. 2012; 392p. (In Persian)
- Mirza ali, A., Effect of enclosure on vegetation and soil salinity rangelands of Gomishan in Golestan province. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* **2004**, 13 (2), 201-194. (In Persian)
- Mirzaie, J., Relationship between vegetation, soil, and topography in the forests of northern Ilam. Master Thesis, Tarbiat Modares University, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tehran, 2007; 71p. (In Persian)
- Mossadegh, A., Contribution a l'étude des associations forestieres des massifs bordant la mer Caspienne en Iran. XVII. IUFRO World Congress, Japan, 1998; pp. 23-30.
- Mozaffarian, V., Trees and shrubs of Iran. Farhang Moaser, Tehran, 2005. 1050 p. (In Persian)
- Mut, H.; Ayan, I., Effects of different improvement methods on some soil properties in a secondary succession rangeland. **2011**.
- Nazarpurfard, K.; Etemad, V., Makhdoom, M., Namiranian, M., Outing silvicultural characteristics masses (Case Study: Boluran Forest Park). *Journal of the Forest and Wood Products* **2016**, 70 (4), 881-891. (In Persian)

- Pei, S.; Fu, H.; Wan, C., Changes in soil properties and vegetation following enclosure and grazing in degraded Alxa desert steppe of Inner Mongolia, China. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **2008**, *124* (1-2), 33-39.
- Pits, N.; Gorban, I.; Alokina, O., Influence of recreation impact on forest ecosystems stability and their biodiversity: the case of the Shatsk National Natural Park. *Teka Komisji Ochrony i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego* **2013**.
- Pour Babaei, H., Application of Statistics in Ecology (methods and basic Calculation), University of Guilan Press, Guilan, 2004; 409p. (In Persian)
- Pourrezaei, J.; Tarnian, F.; Payranj, J.; Difrahsh, M., The studies of flora and phyto geography of Tang Ban watershed basin in Behbahan. *Iranian Journal of Forest* **2010**, *2* (1), 37-49.
- Raunkiaer, C., The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer. *The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer*. **1934**.
- Rechinger, K., Flora Iranica: Akademische Druck-und Verlagsanstalt Graz. *University of Tehran, Iran* **1964**, 549.
- Salehi, A.; Karlun, L. C.; Soderberg, U.; Erikson, L., Livelihood dependency on woodland resources in southern Zagros, Iran. *Caspian Journal of Environmental Sciences* **2010**, *8* (2), 181-194.
- Salifu, K. F.; Nicodemus, M. A.; Jacobs, D. F.; Davis, A. S., Evaluating chemical indices of growing media for nursery production of *Quercus rubra* seedlings. *HortScience* **2006**, *41* (5), 1342-1346.
- Shahraki, M. R.; Arab, M. R.; MIRIMOKADAM, E.; Palan, M. J., The effect of *Teucrium polium* (Calpoureh) on liver function, serum lipids and glucose in diabetic male rats. **2007**.
- Shirani, N., Environmental Impacts of Recreation on Soil and Vegetation in Protected Areas (Case study: Qhamishloo National Park and Wildlife Refuge; Isfahan Province). Master Thesis, College of Environment, Tehran, 2016; 149p. (In Persian)
- Small, C. J.; McCarthy, B. C., Relationship of understory diversity to soil nitrogen, topographic variation, and stand age in an eastern oak forest, USA. *Forest ecology and Management* **2005**, *217* (2-3), 229-243.
- Soussana, J.-F.; Graux, A.-I.; Tubiello, F. N., Improving the use of modelling for projections of climate change impacts on crops and pastures. *Journal of experimental botany* **2010**, *61* (8), 2217-2228.
- Valadi, G.; ESHAGHIRAD, J.; Zargaran, M., Evaluation of disturbance impact on species diversity of oak forest using parametric method. **2017**.
- Yavari, A.; Shahgolzari, S., Floristic study of Khan-Gormaz protected area in Hamadan province, Iran. *Int J Agric Biol* **2010**, *12*, 271-275.
- Zarinkafsh, M., Soil Fertility and Production. 6th edition, Tehran University Press, Tehran, 1989.399p. (In Persian)
- Zohary, M., Geobotanical foundation of the Middle East. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, Amsterdam, 1973.231p.

Investigating the effects of recreation on plant species diversity indices and characteristics physical and chemical soil of Gamboueh forest park in Ahvaz

S. Erfani Farzin¹, S. Attar Roshan^{*2} and A. Koshafar³

1- Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. (S.arfani6004@gmail.com)

2- Department of Environment, Persian Gulf Dust Research Center, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. (Sina_2934@yahoo.com)

3- Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. (Koshafar_1349@yahoo.com)

Received: 25.08.2020 Accepted: 05.12.2020

Abstract

To investigate the effect of recreation on plant species diversity and edaphic characteristics, this study was done in Gamboueh Forest Park of Ahvaz with an area of 60 hectares in 2019. For this study, sampling method was used using a linear transect with a length of 300 meters and sampling parts were randomly used at 50-meter intervals. In order to study the tree and shrub cover in two recreational and non-recreational areas, 24 sample plots of 20×20 m (400 m²) was placed and in the center of each plot, in order to study the grass cover, the sample plots of 8×8 m (64 m²) were implemented. In this study, 28 plant species were identified. Conventional comparative analysis (CCA) showed that the control area and the recreation area each formed a separate ecological group in the area. In terms of plant species composition, the highest values of Simpson species diversity indices (0.33±0.023), Shannon-Wiener (0.44 ±0.012) and Shannon-Wiener uniformity index (0.6±0.003) and plant species richness (2.9±0.61) were estimated in the control area. Examination of edaphic conditions showed that recreation could not have an effect on soil texture, but characteristics such as porosity, nitrogen, potassium, phosphorus and organic matter decreased under the influence of recreation and characteristics of bulk density, saturated moisture, electrical conductivity and lime increased significantly. The results of this study indicate that recreation without observing technical and scientific criteria can reduce the density and diversity of grassland vegetation in the region, which can have destructive effects on habitat.

Keywords: Conventional comparative analysis, Recreation, Gamboueh, Species diversity indices.

* Corresponding author

Tel: +986133348320