

پاسخ‌های فیزیولوژیک درختان چندساله شاخه‌زاد بلوط ایرانی (*Quercus brantii* L.) به تنش خشکی

الهام جافریان^۱، بابک پیلهور*^۲ و مجید توکلی^۳

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران.

(elyajaferyan@yahoo.com)

۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (b.pilehvar@lu.ac.ir)

۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان لرستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لرستان، ایران.

(majid.tavakoli43@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱

چکیده

مقدمه و هدف: خشکی بر رشد گیاهان تأثیر می‌گذارد و به یک مشکل جدی در سراسر جهان تبدیل شده است. درک نحوه واکنش گیاهان به خشکی بسیار مهم است. در شرایط خشک، احتمال زیادی وجود دارد که جنگل‌ها در معرض تنش‌های مختلف قرار گیرند. درختان به دو روش فیزیکی و شیمیایی از خود در برابر تنش خشکی دفاع می‌کنند. دفاع فیزیکی شامل افزایش تراکم ساختارهایی مانند تیغه‌ها، خارها و کرک‌ها است، اما واکنش‌های شیمیایی شامل تولید پاسخ‌های فیزیولوژیک است که به‌عنوان یک سد دفاعی در برابر عوامل محیطی عمل می‌کنند. بلوط‌ها نسبت به خشکی و گرما مقاوم هستند و این ویژگی در شرایط خشکسالی به پاسخ‌های فیزیولوژیک آنها مربوط می‌شود. پاسخ گونه غالب بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) در جنگل‌های زاگرس، به خشکسالی‌های اخیر نشان از حساسیت بالای این گونه دارد. پاسخ به تنش خشکی در درختان بالغ و چند ساله نسبت به نهال‌های همان گونه متفاوت است. برخی از ساز و کارهای فیزیولوژیک در تغییرات درونی درختان در پاسخ به تنش‌ها تأثیرگذار هستند. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر تنش خشکی بر روی صفات فیزیولوژیک درختان بالغ بلوط در شرایط مطلوب و تنش در محیط طبیعی است.

مواد و روش‌ها: این تحقیق بر روی درختان چندساله بلوط ایرانی به مدت دو سال (۱۳۹۹-۱۴۰۱) در محیط طبیعی جنگل در مجتمع کشت و صنعت فجر صفا واقع در ۱۰ کیلومتری شهرستان خرم‌آباد انجام شد. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح تنش خشکی انجام شد. تنش خشکی شامل سطح تیمار خشکی و ممانعت از رسیدن هر گونه رطوبتی به خاک در طی این دو سال (پوشاندن با پلاستیک سفید)، رطوبت‌دهی به خاک (آبیاری درختان با هر ۱۰ روز یک‌بار) و درختان شاهد اجرا شد. جامعه آماری در این پژوهش ۱۲۰ اصله درخت و در هر گروه ۳۰ درخت است. در پایان آزمایش در ۲۰ شهریور ۱۴۰۱،

از هر یک از این درختان در ارتفاع معین دو متری از اطراف طوقه در چهار جهت جغرافیایی اصلی برگ‌های آنها جدا و به آزمایشگاه منتقل شد. با اندازه‌گیری وزن تر، وزن تورژسانس و وزن خشک محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد. سپس برای تعیین کمیت خصوصیات فیزیولوژیکی، برگ‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و به صورت پودر درآمد. سپس اندازه پرولین، قندهای محلول و نامحلول، آنزیم‌ها (پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات اکسیداز) و مقدار کاروتنوئید، کلروفیل a، b و کل بعد از اتمام دوره در درختان هر سه تیمار اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح مختلف تیمارها اثر معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بر مقدار پرولین، محتوای نسبی آب برگ و آنزیم‌ها (پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات اکسیداز) داشتند. در مقابل، اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ بین تیمارهای مختلف از نظر قندهای محلول، نامحلول و رنگدانه‌های فتوسنتزی (کاروتنوئید، کلروفیل a، b و کل) مشاهده نشد. محتوای نسبی آب برگ بیشترین تفاوت را در بین سطوح مختلف تیمار نشان داد. با افزایش تنش خشکی، روند کاهشی در مقدار محتوای نسبی آب برگ و روند افزایشی در مقدار پرولین، قند محلول، قند نامحلول، آنزیم‌ها (سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و آسکوربات اکسیداز) و رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید) مشاهده شد. بیشترین مقدار پرولین در تیمار گروه شاهد و کمترین مقدار آن در گروه آبیاری-شده مشاهده شد. محتوای نسبی آب برگ، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز بیشترین مقدار را در گروه تحت آبیاری نشان دادند. در تنش شدید، قندهای محلول و قندهای نامحلول نسبت به گروه شاهد افزایش پیدا کرد. میزان پرولین در گروه شاهد بیشترین مقدار را نشان داد.

نتیجه‌گیری کلی: با توجه به نتایج این پژوهش درختان بالغ تمایل به حفظ کربوهیدرات‌ها و قندها دارند. این پژوهش می‌تواند مقدار سازگاری درختان بلوط بالغ را با شرایط فعلی و مطلوب (مقایسه شاهد با درختان آبی) و مقدار مقاومت درختان بالغ در سال‌های کم بارندگی (مقایسه شاهد با درختان تحت تنش) را آشکار سازد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که درختان بالغ بلوط ایرانی می‌توانند تا حدودی با افزایش پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در برابر آسیب‌های ناشی از تنش خشکی مقاومت کنند. همچنین با توجه به نتایج این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های قبلی، نهال‌ها در شرایط تنش بیشتر از تغییرات کربوهیدرات‌ها و قندهای محلول رنج می‌برند درحالی‌که درختان بالغ تمایل به حفظ کربوهیدرات‌ها و قندها دارند. یافته‌های این پژوهش به‌عنوان راهبرد مدیریت جنگل برای متخصصان جنگل و ذی‌نفعان بسیار مرتبط است. به‌طورکلی، نتایج نشان می‌دهد که یک رابطه هدفمند بین پاسخ به تنش خشکی و فیزیولوژی گیاهی وجود دارد. می‌توان نتیجه گرفت که وضعیت اقلیمی توده‌های بلوط ایرانی عامل مهمی است که باید مورد توجه مدیران جنگل‌ها که مسئولیت برنامه‌های مدیریت جنگل‌های غرب کشور را برعهده دارند، قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌ها، پرولین، رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای نسبی آب برگ.

برگ و بقای درختان در شرایط خشکسالی دارای اهمیت است (Hartmann et al., 2018).

پژوهش‌های محدودی روی درختان بالغ در جنگل انجام شده است. در پژوهش Stovall et al. (2019) مقایسه محتوای نسبی آب برگ بین نهال‌ها و درختان بالغ (*Juniperus monosperma*) نشان دادند که درختان بالغ نسبت به نهال‌ها حساسیت کمتری دارند. Zhang et al. (2020) در پژوهشی مقایسه‌ای بر روی کربوهیدرات‌های برگ بین نهال‌ها و درختان بالغ چهار گونه درخت جنگلی نشان دادند که کاهش بیشتر قندها و رنگیزه‌های فتوسنتزی ناشی از خشکسالی در نهال‌ها نسبت به درخت بالغ نشان از حساسیت بالاتر ذخیره‌سازی نهال‌ها نسبت به درختان بالغ است.

پژوهش‌های زیادی بر روی پاسخ‌های ریشی، آناتومی، فیزیولوژی، مورفولوژی و بیوشیمیایی بلوط ایرانی تحت تنش خشکی انجام شده است. این بررسی‌ها بیشتر بر روی نهال‌ها انجام شده است (Begom et al., 2020). پژوهش‌های محدودی هم در زمینه پاسخ‌های درختان بالغ در طبیعت انجام شده است. ولی با توجه به مرور منابع انجام‌شده در محیط‌های طبیعی اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر روی درختان بالغ بلوط و مکانیسم مقابله آنها با خشکی پژوهشی انجام نشده است.

جنس *Quercus* دارای ترکیبات مختلفی از قبیل گلیکوزیدها، ترپنوئیدها، فلاونوئیدها، اسیدهای فنولیک، اسیدهای چرب، استرول‌ها و تانن‌ها است (Shalini Sharma, 2022). از ۴۳۰ گونه بلوط در جدیدترین گزارش اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN)، تخمین زده شده است که ۳۱ درصد آنها در معرض انقراض باشند. بلوط ایرانی بومی مناطق مرکزی، جنوبی و جنوب شرقی رشته کوه‌های زاگرس است (Yarmand, 2012).

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر سلامت، رشد، عملکردهای فیزیولوژیک و مرگ و میر درخت است (Matouskova et al., 2022) و یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در سراسر جهان و شایع‌ترین تنش محیطی است که می‌تواند در اثر عوامل آب و هوایی متعدد به وجود آید (Saeedi Abueshaghi et al., 2023). تنش خشکی اثرهای چندگانه‌ای بر خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه برجای می‌گذارد. این تهدیدها علاوه بر درک مکانیسم‌های فیزیولوژیک پاسخ درختان به خشکسالی را تقویت کرده است (McDowell et al., 2019). برخی از سازوکارهای فیزیولوژیک در تغییرات درونی درختان در پاسخ به تنش‌ها تاثیرگذار هستند. این تغییرات در درختان بالغ نسبت به نهال‌ها در شرایط تنش خشکی کاملاً متفاوت است.

درختان بالغ از نظر هیدرولیک با مجراهای عریض‌تر آسیب‌پذیرتر هستند (Olson et al., 2018) و به دلیل تبخیر بیشتر و فواصل طولانی‌تر برای انتقال آب، تحت تنش هیدرولیک قوی‌تری قرار می‌گیرند (Zhang et al., 2020). با این حال، دیگر شواهد نیز نشان داده‌اند که درختان بزرگ‌تر در برابر خشکسالی انعطاف‌پذیرتر هستند (Smith et al., 2019). شواهدی نیز وجود دارد که نهال‌ها نسبت به درختان بالغ حساسیت بیشتری در رشد قطری، پتانسیل آب و سطح برگ نسبت به تنش‌های محیطی نشان می‌دهند (Smith et al., 2019). در پاسخ به خشکسالی برخی از مواد در برگ‌ها توزیع می‌شوند و معمولاً به شکل قند و نشاسته در بافت‌های مختلف ذخیره می‌شوند که نقش مهمی در مقاومت و انعطاف‌پذیری درختان به خشکی ایفا می‌کنند. بنابراین، درک دقیق‌تر برای پیش‌بینی عملکرد، توزیع مواد در

شاهد (کنترل) تعداد ۴۰ درخت (۱۰درخت در هر بلوک) انتخاب شد، سطح دوم تیمار آبیاری درختان با ایجاد یک آبخور در اطراف درخت در فصل خشک تابستان با دوره آبیاری ده روز (حدود ۱۰۰ لیتر آب در هر دوره برای هر درخت) و سطح سوم تیمار تنش خشکی که برای اعمال این تیمار به منظور کنترل شرایط آزمایش و جلوگیری از نفوذ باران به محیط ریشه، سطح زمین اطراف درختان (بیش از سایه انداز درخت) با پلاستیک سفید پوشانده شد. همچنین برای جلوگیری از ورود رواناب به پای درختان با ایجاد پشته‌هایی آب به پایین هدایت شد. در پایان انجام سطوح مختلف تیمار در زمان نمونه برداری، برگ‌های یک شاخه (قطر ۴-۲ سانتی‌متر) از هر یک از این درختان در ارتفاع مشخصی (۲ متر) از اطراف تاج در چهار جهت جغرافیایی اصلی جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیک به آزمایشگاه منتقل شدند.

مشخصه‌های اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه شامل محتوای نسبی آب برگ (RWC) برحسب درصد (Ritchie et al., 1990)، محتوای پرولین برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر برگ (Teare and Bates, 1973)، اندازه‌گیری مقدار قندهای محلول و نامحلول طبق روش Kochert (1987) برحسب قسمت در میلیون، غلظت کلروفیل a, b, کل و کاروتنوئید برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر برگ (Lichtenthaler, 1978)، فعالیت آنزیم پراکسیداز بر حسب واحد در میلی‌لیتر (MacAdam et al., 1992)، آنزیم آسکوربات پراکسیداز واحد در میلی‌لیتر (Nakano and Asada, 1981) و برای اندازه‌گیری سوپراکسید دیسموتاز واحد در میلی‌لیتر (Azevedo et al., 2006) بودند.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها توسط آزمون لون بررسی شد، سپس

با وجود پژوهش‌های زیاد در زمینه خشکیدگی درختان بلوط تحت تنش‌های محیطی، اطلاعات در زمینه پاسخ‌های فیزیولوژیک درختان بالغ بلوط ایرانی در محیط جنگل با اعمال سطوح تنش خشکی و مقایسه پاسخ این گروه‌ها بر روی آنها وجود ندارد. این پژوهش می‌تواند مقدار سازگاری درختان بالغ بلوط را به شرایط جاری و مطلوب (مقایسه شاهد با درختان آبیاری شده) و اندازه‌توان مقاومت درختان بالغ را در سال‌های کم‌بارش (مقایسه شاهد با درختان تحت تنش) آشکار نماید. این پژوهش در نظر دارد تا این ابهام را در راهکار مدیریت خشکیدگی بلوط در بوم‌سازگان‌های جنگلی زاگرس با توجه به مقایسه مکانیسم‌های مختلف این گونه در سطوح مختلف خشکی برطرف کند و به چگونگی اثر سطوح مختلف تنش خشکی در شرایط طبیعی جنگل بر روی صفات فیزیولوژیک پاسخ دهد.

مواد و روش‌ها

مجتمع کشت و صنعت شهرستان خرم‌آباد در ۱۰ کیلومتری شهرستان خرم‌آباد با عرض جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و ۳۳ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است. میانگین دمای سالانه این منطقه ۱۶-۱۸ درجه سانتی‌گراد و بارش سالانه ۴۰۰-۴۵۰ میلی‌متر است. خاک این منطقه لومی رسی است. درختان این منطقه از جنس بلوط و دارای فرم رویشی شاخه‌زاد و تک آشکوبه، تقریباً یک دست از نظر ارتفاع و قطر برابر سینه با ظاهری سالم و دارای شاخه‌هایی با خشکیدگی کم هستند.

این آزمایش در دوره زمانی ۱۴۰۱-۱۳۹۹ (از اول پاییز ۱۳۹۹ تا پاییز دو سال بعد) در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی در ۴ بلوک و ۳ سطح تیمار به اجرا درآمد. تیمار اول بدون هیچ‌گونه دخالتی به صورت

و رنگیزه‌های فتوسنتزی معنی‌دار است (جدول ۱). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل پرولین نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین سطوح مختلف تیمار وجود دارد. کمترین مقدار پرولین در درختان آبیاری شده (۲/۴۷۹ میکروگرم بر گرم) و بیشترین مقدار در گروه شاهد (۴/۵۸۵ میکروگرم بر گرم) مشاهده شد. نتایج اندازه‌گیری قندهای نامحلول در گروه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. در این پژوهش به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار قندهای نامحلول در درختان گروه شاهد (۳/۵۰۸ قسمت در میلیون) و درختان تحت تنش خشکی (۳/۶۱۸ قسمت در میلیون) وجود داشت.

داده‌های مربوط به درختان بلوط ایرانی در هر یک از سطوح مختلف تیمار (کنترل، درختان آبیاری شده و درختان تحت تنش بی‌آبی) در قالب بلوک کامل تصادفی با بررسی اثر بلوک و تیمار تجزیه و تحلیل شدند و در نهایت دسته‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. تمام تحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک برگ گونه بلوط ایرانی نشان داد که اثر سطوح مختلف تیمار خشکی بر روی تمام صفات اندازه‌گیری شده بجز قندها

جدول ۱- تجزیه واریانس مشخصه‌های پرولین، محتوای نسبی آب برگ، قندهای محلول و نامحلول

Table 1. Variance analysis of proline, relative water content, soluble and insoluble sugars

Sig.	F	میانگین مربعات Mean square	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات Source of changes	مشخصه Characteristics
0.000**	42.83	44.85	3	بلوک Block	پرولین (میکروگرم بر گرم)
0.000**	19.6	20.32	2	سطوح تیمار Treatment levels	Proline ($\mu\text{g.g}$)
0.000**	43.425	2166.63	3	بلوک Block	محتوای نسبی آب برگ (درصد)
0.000**	23.151	1155.07	2	سطوح تیمار Treatment levels	Relative water content (%)
0.000**	99.80	893.96	3	بلوک Block	قند محلول (قسمت در میلیون)
0.06 ^{ns}	2.99	26.81	2	سطوح تیمار Treatment levels	Soluble sugar (PPM)
0.000**	152.7	46.064	3	بلوک Block	قند نامحلول (قسمت در میلیون)
0.118 ^{ns}	2.183	0.547	2	سطوح تیمار Treatment levels	Insoluble sugar (PPM)

^{ns}، *، **: به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری اختلاف، اختلاف در سطح ۰/۰۵ و اختلاف در سطح ۰/۰۱ است.

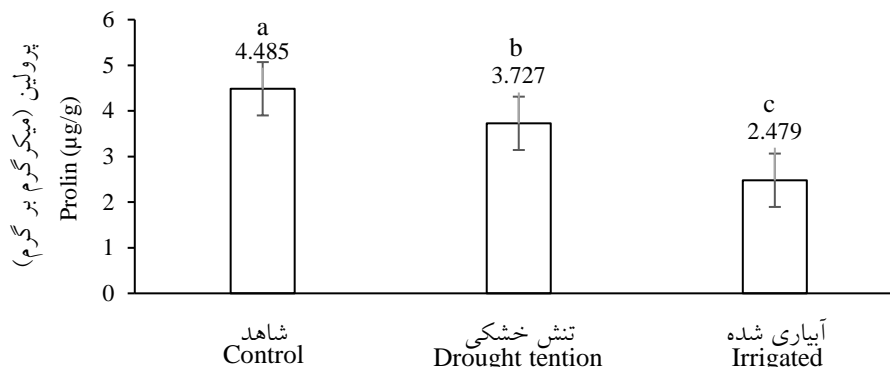
^{ns}، *، **: indicate the non-significance of the difference, the difference at the level of 0.05 and the difference at the level of 0.01, respectively.

با هم نداشتند. گروه شاهد با میانگین ۲۱/۰۷۵، گروه تحت آبیاری با میانگین ۲۰/۴۵۵ و گروه تحت تنش با

همچنین نتایج حاصل از اندازه‌گیری قندهای محلول در بین گروه‌های مختلف اختلاف معنی‌داری را

مقدار RWC در گروه تیماری آبیاری (۶۹/۹۳۸ درصد) و کمترین (۵۷/۶۷۸ درصد) در گروه شاهد بود (شکل ۱).

میانگین ۲۱/۴۹۸ اختلاف معنی داری را نشان ندادند. آبیاری خاک مقدار RWC را به طور معنی داری در برگ های درختان بلوط افزایش داد، بطوریکه بیشترین



شکل ۱- تاثیر تنش خشکی در تیمارهای مختلف بر پرولین (میکروگرم بر گرم)

حروف همسان (مشابه) نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار و حروف ناهمسان نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار است.

Figure 1. The effect of drought stress in different treatments on the proline (µg/g) Identical letters indicate no significant difference, while different letters indicate a significant difference.

نیز کاهش یافت و بیشترین و کمترین مقدار کارتنوئید به ترتیب در گروه شاهد (۲/۸۸۰ میکروگرم بر گرم) و گروه تحت تنش (۲/۸۳۰ میکروگرم) وجود داشت (شکل ۲).

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر روی مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید معنی دار نبود (جدول ۲). بیشترین مقدار رنگیزه های فتوسنتزی در آبیاری درختان مشاهده شد، با افزایش خشکی مقدار کارتنوئید

جدول ۲- تجزیه واریانس کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید

Table 2. Analysis of variance of chlorophyll A, chlorophyll B, total chlorophyll and carotenoid

Sig.	F	میانگین مربعات Mean square	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات Source of changes	مشخصه Characteristics
0.000**	64.645	14.634	3	بلوک Block	کارتنوئید (میکروگرم بر گرم)
0.726 ^{ns}	0.292	0.066	2	سطوح تیمار Treatment levels	Carotenoid (µg.g)
0.000**	118.506	183.512	3	بلوک Block	کلروفیل a (میکروگرم بر گرم)
0.139 ^{ns}	1.040	1.611	2	سطوح تیمار Treatment levels	Chlorophyll a (µg.g)

^{ns}، *، **: به ترتیب نشانگر عدم معنی داری اختلاف، اختلاف در سطح ۰/۰۵ و اختلاف در سطح ۰/۰۱ است.

^{ns}، *، **: indicate the non-significance of the difference, the difference at the level of 0.05 and the difference at the level of 0.01, respectively.

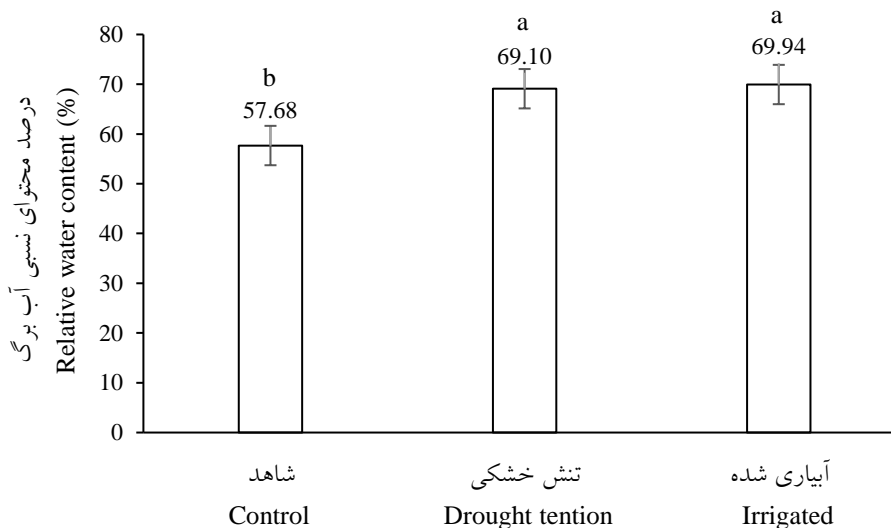
ادامه جدول ۲.

Continued table 2.

Sig.	F	میانگین مربعات Mean square	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات Source of changes	مشخصه Characteristics
0.000**	39.393	26.765	3	بلوک Block	کلروفیل b (میکروگرم بر گرم)
0.073 ^{ns}	6.369	4.327	2	سطوح تیمار Treatment levels	Chlorophyll b (μg.g)
0.000**	98.610	294.037	3	بلوک Block	کلروفیل کل (میکروگرم بر گرم)
0.542 ^{ns}	3.032	9.041	2	سطوح تیمار Treatment levels	Total chlorophyll (μg.g)

^{ns}, *, **: به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری اختلاف، اختلاف در سطح ۰/۰۵ و اختلاف در سطح ۰/۰۱ است.

^{ns}, *, **: indicate the non-significance of the difference, the difference at the level of 0.05 and the difference at the level of 0.01, respectively.



شکل ۲- تاثیر تنش خشکی در تیمارهای مختلف بر محتوای نسبی آب برگ (درصد)

حروف همسان (مشابه) نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و حروف ناهمسان نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است

Figure 2. The effect of drought stress in different treatments on the relative leaf water content (%)
Identical letters indicate no significant difference, while different letters indicate a significant difference

فعالیت پراکسیداز برگ در گروه آبیاری (شکل ۴)، سوپراکسیددیسموتاز در گروه آبیاری (شکل ۳) و بیشترین فعالیت آسکوربات در گروه شاهد (شکل ۵) رخ داد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات برگ بین طوح مختلف تیمار اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین تغییرات فعالیت آنزیم‌ها نشان داد که بیشترین مقدار

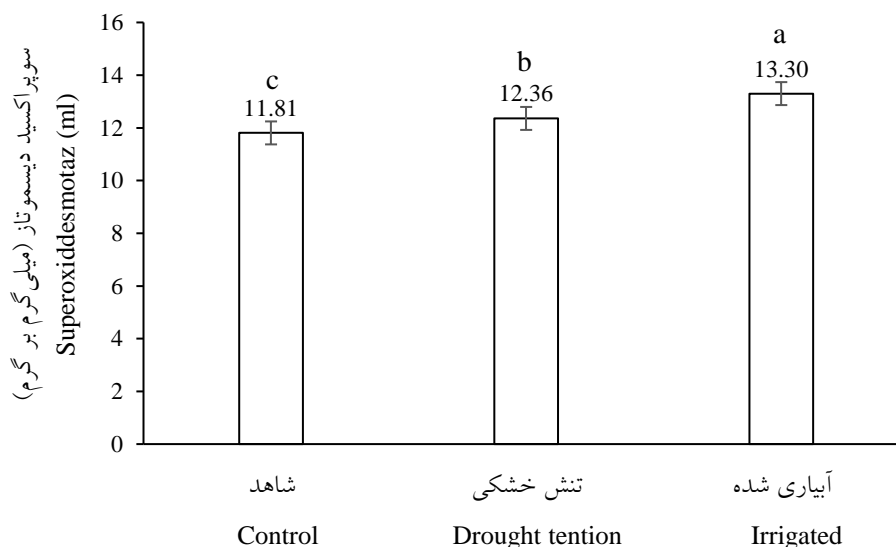
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس آنزیم‌ها (پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات اکسیداز)

Table 4- Variance analysis of enzymes (Peroxidase, Superoxide dismutase and Ascorbate)

Sig.	F	میانگین مربعات Mean square	درجه آزادی Degrees of freedom	منبع تغییرات Source of changes	مشخصه Characteristics
0.000**	9.652	13.365	3	بلوک Block	پراکسیداز (واحد در میلی لیتر)
0.000**	23.179	32.095	2	سطوح تیمار Treatment levels	Peroxidase
0.000**	15.256	6.498	3	بلوک Block	سوپراکسید دیسموتاز (واحد در میلی لیتر)
0.000**	62.542	26.638	2	سطوح تیمار Treatment levels	Superoxide dismutase (U ml)
0.000**	1.188	6.576	3	بلوک Block	آسکوربات کسیداز (واحد در میلی لیتر)
0.000**	12.577	69.617	2	سطوح تیمار Treatment levels	Ascorbate Oxidase (U ml)

** : نشانگر اختلاف در سطح ۰/۰۱ است.

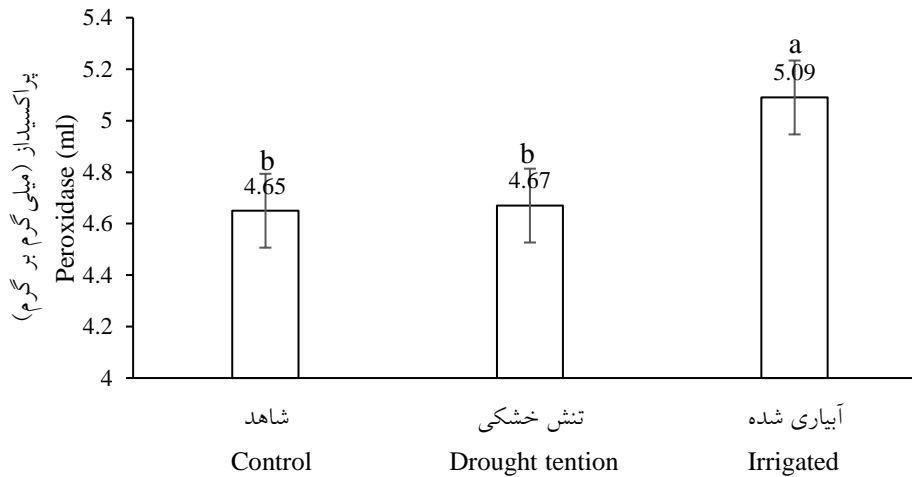
** : indicate the difference at the level of 0.01.



شکل ۳- تاثیر تنش خشکی در تیمارهای مختلف بر سوپراکسید دیسموتاز

حروف همسان (مشابه) نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار و حروف ناهمسان نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار است

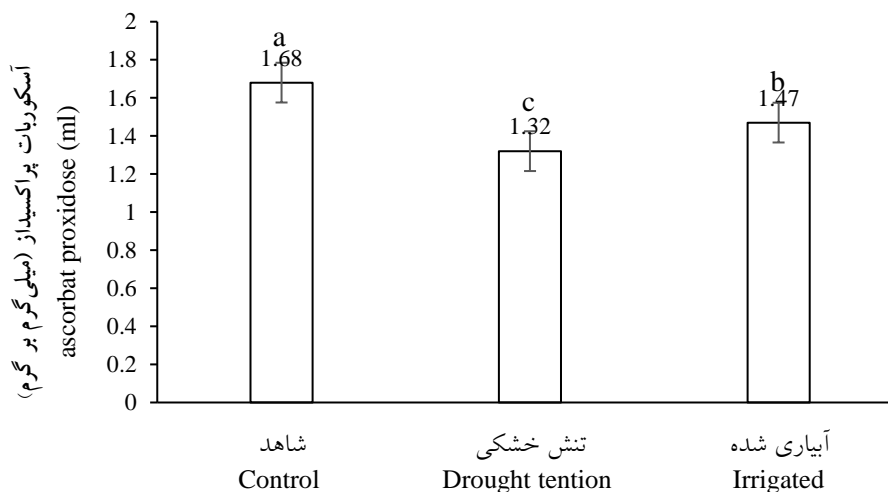
Figure 3. The effect of drought stress in different treatments on the Superoxide dismutase
Identical letters indicate no significant difference, while different letters indicate a significant difference



شکل ۴- تأثیر تنش خشکی در تیمارهای مختلف بر پراکسیداز

حروف همسان (مشابه) نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و حروف ناهمسان نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است

Figure 4. The effect of drought stress in different treatments on the Peroxidase
Identical letters indicate no significant difference, while different letters indicate a significant difference



شکل ۵- تأثیر تنش خشکی در تیمارهای مختلف بر آسکوربات اکسیداز

حروف همسان (مشابه) نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و حروف ناهمسان نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است

Figure 5. The effect of drought stress in different treatments on the Ascorbate oxidase
Identical letters indicate no significant difference, while different letters indicate a significant difference

آنها بررسی شود. بدین منظور شرایط حاکم بر عرصه‌های زاگرس با شرایط خشکی بیشتر (سال‌های کم‌بارش) و شرایط بهینه (سال‌های با بارش بیشتر از متوسط و بدون محدودیت رطوبتی) مقایسه شد. نتایج نشان داد پاسخ فیزیولوژیک درختان بالغ در سطوح

بحث

این پژوهش بر روی درختان بالغ بلوط در محیط باز طبیعت با ایجاد شرایط تنش خشکی و آبیاری انجام شد. در این پژوهش درختان بالغ در معرض سطوح مختلف خشکی قرار داده شد تا پاسخ‌های فیزیولوژیک

به صورت مستقیم با آب گیاه ارتباط دارند. به طوری که در درختان تحت تیمار آبیاری بیشترین مقدار محتوای نسبی آب برگ مشاهده شد. در پژوهشها بر روی نهالها (Singh et al. (2023), Karimi et al. (2015) نیز مشابه نتایج این پژوهش مشاهده شده است. اعمال تنش سه ساله به درختان بالغ *Juniperus monosperma* در پژوهش (McDowell et al (2019) نیز تغییرات معنی داری را نشان نداد. آنها گفتند که افزایش جذب آب عمیق تر خاک به دلیل سیستم های ریشه ای گسترده در درختان بالغ می تواند سبب شود که آنها ظرفیت ذخیره سازی آب بیشتری داشته باشند و به مقاومت آنها در برابر تنش خشکی کمک کند. این یافته ها با نتایج این پژوهش و برخی از گزارش های اخیر که نشان می دهد درختان بالغ حساس به خشکسالی هستند و مقدار مرگ و میر بیشتری را تجربه می کنند، در تضاد است (Bennett et al., 2015).

در این پژوهش اختلاف معنی داری بین مقدار قندهای محلول و نامحلول در برگ درختان در سطوح مختلف تیماری مشاهده نشد، ولی مقدار قندها در درختان آبیاری شده کمتر از درختان شاهد و درختان شاهد کمتر از درختان تحت تنش بود. کاهش مقدار قندهای محلول در تیمار تنش بیشتر از دیگر تیمارها بود. به نظر می رسد این روند کاهش بیشتر در قندها در تیمار خشکی به دلیل مصرف قندها در سنتز متابولیت هایی چون پرولین در اندام هوایی باشد (Irrigoyen et al., 1992). این نتیجه مطابقت کامل با نتایج Zhang et al. (2020) دارد. آنها در پژوهش شان مقایسه ای بین نهالها و درختان بالغ انجام دادند و نشان دادند که خشکی غلظت قندهای محلول را کاهش داده است، البته این کاهش در درختان بالغ روند شدیدتری داشته است. نتایج این پژوهش با نتایج پژوهش Ghanbary et al. (2020) بر روی دو گونه جنس بلوط

مختلف تیمار متفاوت است. پژوهش پیشین نشان داد که واکنش درختانی که در محیط های مصنوعی مانند اتاقک ها یا گلدانها رشد می کنند، ممکن است پاسخ درختان بالغ جنگلی را منعکس نکند (Norby et al., 2011). بنابراین، ابهاماتی در مورد این که چگونه سطوح تنش ممکن است بر رفتارهای فیزیولوژیک در جنگل های بالغ تأثیر بگذارد، وجود دارد.

در این پژوهش مقدار پرولین در گروه تنش در مقایسه با تحقیقاتی که بر روی نهالها انجام شده است، بسیار متفاوت بود و این مقادیر در درختان بالغ نسبت به نهالها بسیار کمتر هستند. (Roshni nia et al. (2018) نشان دادند که مقدار میانگین پرولین در نهال های بلوط ایرانی تحت تنش ۹/۸۸۸ میکروگرم بر گرم است در حالی که این مقدار پرولین در درختان بالغ تحت تنش در این پژوهش ۳/۷۲۷ میکروگرم بر گرم بود. این اختلاف مقادیر می تواند به علت مقاومت بالاتر درختان بالغ نسبت به نهالها باشد. در واقع افزایش جذب آب از اعماق خاک به دلیل سیستم های ریشه ای گسترده در درختان بالغ علت تجمع کمتر پرولین در برگ درختان بالغ است (Yang et al., 2014). اما نکته ای که در این پژوهش وجود داشت این بود که مقدار پرولین در گروه شاهد نسبت به درختان تحت تنش بیشتر بود. به نظر می رسد که کاهش پرولین در درختان گروه تحت تنش خشکی نسبت به درختان شاهد به سبب حفظ رطوبت خاک توسط پلاستیک های اطراف درختان است. نتایج پژوهش (Al- yasi (2020) و Ghoul (2020) حاکی از این است که افزایش مقدار پرولین در اثر تنش خشکی به علت افزایش غلظت مواد محلول در سلول های گیاهی است.

معنی دار بودن اختلاف محتوای نسبی آب برگ در بین تیمارهای مختلف در این پژوهش نشان دهنده این است که فرایندهای فیزیولوژیک کنترل کننده رشد گیاه

پژوهش (Boor et al., 2022) مشاهده شد که با افزایش فواصل آبیاری محتوای کلروفیل گونه‌ها کاهش معنی‌داری پیدا می‌کند که با نتایج این پژوهش در تضاد است. بین مقدار آنزیم‌های پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات اکسیداز در سطوح مختلف تنش اختلاف وجود داشت. در پژوهش Ghanbary et al. (2020) تنش خشکی فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز را افزایش داد که نتایج آنها مشابه نتایج این پژوهش نیست. مقدار اختلاف بین درختان شاهد و درختان تحت تنش در تغییرات آنزیم پراکسیداز و حتی سوپراکسید دیسموتاز و آسکوربات اکسیداز قابل توجه است. علت این امر این است که تحت تنش خشکی، سیستم آنزیمی محافظ تحریک شده و اکسیداسیون لیپید غشایی مهار و فعالیت‌های آنزیمی برای پاکسازی رادیکال‌های آزاد در گیاه افزایش می‌یابد (Hu et al., 2010).

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش پاسخ‌های فیزیولوژیک درختان بالغ در معرض سطوح مختلف خشکی به‌منظور بررسی شرایط حاکم بر عرصه‌های زاگرس با شرایط خشکی بیشتر (سال‌های کم‌بارش) و شرایط بهینه (سال‌های با بارش بیشتر از متوسط و بدون محدودیت رطوبتی) با شرایط جاری مقایسه شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که درختان بالغ بلوط ایرانی می‌توانند تا حدودی با افزایش پرولین و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در برابر آسیب‌های ناشی از تنش خشکی مقاومت کنند. همچنین با توجه به نتایج این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های قبلی، نهال‌ها در شرایط تنش بیشتر از تغییرات کربوهیدرات‌ها و قندهای محلول رنج می‌برند درحالی‌که درختان بالغ تمایل به حفظ کربوهیدرات‌ها و قندها دارند.

همخوانی نداشت. همچنین بر اساس پژوهش Deligoz and Bayar (2018) مقدار افزایش قندهای محلول با افزایش تنش خشکی در نهال‌های (*Quercus cerris* L. and *Quercus robur* L.) معنی‌دار است که همخوانی با نتایج این پژوهش ندارد.

رنگیزه‌های فتوسنتزی در بین سطوح مختلف تیمار تغییرات معنی‌داری نشان نداد. نتایج حاکی از این است که کمبود آب در برگ‌ها به اندازه‌ای نبوده است که اختلاف معنی‌دار در مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی ایجاد نماید. در واقع گونه بلوط ایرانی از نظر فتوسنتز برگ‌ها در شرایط خشکی مشکلی ندارد. این نتیجه نشان می‌دهد که فتوسنتز در گونه بلوط تحت تنش خشکی مداوم مهار شده که ممکن است به دلیل تولید و تجمع تعداد مقدار زیادی از گونه‌های اکسیژن فعال در برگ‌ها باشد (Xiong et al., 2022). در این پژوهش کاهش ناشی از خشکی در بین رنگدانه‌ها فقط در مقدار محتوای کاروتنوئید برگ مشاهده شد. در مقام مقایسه مقدار بالاتر کاروتنوئید در این پژوهش (۲/۸۳۰ میکروگرم بر گرم) و مقدار کاروتنوئید مشاهده‌شده (۰/۶۴۹ میکروگرم بر گرم) در نهال‌های بلوط ایرانی تحت تنش نشان از پاسخ متفاوت درختان بالغ و نهال‌ها است (Khaleghi & Poriafar, 2019). این امر می‌تواند معمولاً ناشی از آسیب کلروپلاست توسط گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) و سطوح رنگدانه‌ای بدون تغییر در طول تنش خشکی باشد. اما با توجه به عدم معنی‌داری رنگدانه‌ها در این پژوهش، مشخص شد که آنتی‌اکسیدان‌هایی که در برگ درخت بلوط ایرانی وجود دارد می‌توانند در شرایط تنش ROS را مهار کنند. این نتایج مشابه نتایج Karimi et al. (2017) است که منعکس‌کننده یک تنظیم مثبت در سنتز رنگدانه‌ها در دفاع از تنش خشکی در بلوط ایرانی است. اما در

References

- Al- Yasi, H.; Attia, H.; Alamer, K.; Hassan, F.; Esmat, F.; Elshazly, S.; Siddique, K.; Kamel Hessini., Impact of drought on growth, photosynthesis, osmotic adjustment, and cell wall elasticity in Damask rose. *Plant Physiology and Biochemistry* **2020**, 150, 133-139.
- Azevedo Neto, A. D.; Prisco, J. T.; Enéas-Filho, J.; Abreu, C. E. B.; Gomes-Filho, E., Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes. *Environmental and Experimental Botany* **2006**, 56(1), 87–94.
- Bates, L.S.; Teare, I.D., Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil* **1973**, 39, 205-207.
- Begum, N.; Wang, I.; Ahmad, H.; Akhtar, K.; Roy, R.; Ishfaq Khan, M.; Zhao, T., Co-inoculation of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and the Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Improve Growth and Photosynthesis in Tobacco Under Drought Stress by Up- Regulating Antioxidant and Mineral Nutrition Metabolism, *Microbial Ecology* **2020**, 83, 971- 988.
- Bennett, N. J.; Whitty, T.S.; Finkbeiner, E.; Pittman, J.; Bassett, H.; Gelcich, S.; Allison, E.H., Environmental stewardship: a conceptual review and analytical framework. *Environmental Management* **2018**, 61, 597-614.
- Boor, Z. ; Hosseini, S.; Soleimani, A.; Taheri Abkenar. K., Investigation of survival, growth and physiology of six afforested species under different irrigation regimes. *Forest Research and Development* **2020**, 8(1), 97-111. In Persian
- Deligoz, A.; Bayer, E., Drought stress responses of seedlings of two oak species (*Quercus cerris* and *Quercus robur*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* **2018**, 42, 114-123.
- Ghanbary, E.; Fathizadeh, O.; Tabari, M., The effect of mycorrhizal fungi and growth-promoting rhizobacteria on the activity of antioxidant enzymes of Calotrope seedlings under drought stress. *Forest Research and Development* **2020**, 6(3), 477-489. In Persian
- Ghouil, H.; Sancho-Knapik, D.; Mna, A.; Amimi, A.; Ammari, Y.; Escribano, R.; Alonso-Forn, D.; Pedro Ferrio, G., Southeastern Rear Edge Populations of *Quercus suber* L. Showed Two Alternative Strategies to Cope with Water Stress. *Forest* **2020**, 11 (12), 2-14.
- Irrigoyen, J.J.; Einerich, D.W.; Sanchez Diaz, M., Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum* **1992**, 84(1), 55–60.
- Lichtenthaler, H.K, Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembrane. *Methods in Enzymology* **1987**, 148, 350- 382.
- Hartmann, H.; Ziegler, W.; Trumbore, S., Lethal drought leads to reduction in nonstructural carbohydrates in Norway spruce tree roots but not in the canopy. *Functional Ecology* **2018**, 27, 413–427.
- Hu, L.; Wang, Z.; Huang, B., Diffusion limitations and metabolic factors associated with inhibition and recovery of photosynthesis from drought stress in a C3 perennial grass species. *Physiology Plant* **2010**, 139 (1), 93–106.
- Karimi, H.; Zidli, A.; Omidpour, V., Evaluation of rainfed and irrigated wheat yield under drought stress in Ilam Province, *Second International Dust Conference, Ilam* **2017**, 306-317.
- Karimi, H.; Zidli, A.; Omidpour, V., Evaluation of rainfed and irrigated wheat yield under drought stress in Ilam Province, *Second International Dust Conference, Ilam* **2017**, 306-317.
- Khaleghi, A.; Poriafar, P., Effect of mycorrhiza application on some physiological and biochemical characteristics of *Quercus brantii* saplings under drought stress conditions, *Forest and Wood Products* **2019**, 73(4), 402-389.
- Kochert, G., Carbohydrate determination by phenol sulfuric acid method. In: Hellebust J A, Craigie JS (Eds), Handbook of physiological methods. Cambridge. UK: *Cambridge University Press* **1987**, 95-97.
- MacAdam, J.W.; Nelson, C.J.; Sharp, R.E., Peroxidase Activity in the leaf elongation zone of tall fescue I. Spatial distribution of ionically bound peroxidase activity in genotypes differing in length of the elongation zone. *Plant Physiology* **1992**, 99 (3), 872-878.
- Matouskova, M.; J Urban, D.; Volarik, M.; Hajickova, H.; Radim, Matula., oppicing modulates physiological responses of sessile

- oak (*Quercus petraea* Matt. Lieb.) to drought, *Forest Ecology and Management* **2022**, 517, 1- 34.
- McDowell, G.; Charlotte, G.; Henry, D., Mechanisms of a coniferous woodland persistence under drought and heat. *Environmental Research* **2019**, 14, 1-15.
- Nakano, Y.; and Asada, K., Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology* **1981**, 22, 867-880.
- Norby, R.; Zak, D. R., Ecological lessons from free-air CO₂ enrichment (FACE) experiments. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **2011**, 42, 181–203.
- Olson, M.E.; Soriano, D.; Rosell, J.A.; Anfodillo, T.; Donoghue, M.J.; Edwards, E.J.; Leon-Gomez, C.; Dawson, T.; Martinez, J.J.C.; Castorena, M.; Echeverria, A.; Espinosa, C.I.; Fajardo, A.; Gazol, A.; Isnard, S.; Lima, R.S.; Marcati, C.R.; Mendez-Alonzo, R., Plant height and hydraulic vulnerability to drought and cold. *Biological Science* **2018**, 115 (29), 7551–7556.
- Ritchie, S.W.; Nguyen, H.T.; Holaday, A.S., Leaf water content and gas-exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop science* **1990**, 30 (1), 105-111.
- Roshni Nia, F.; Naji, H.; Bazgir, M.; Naderi, M., Effect of Simulated Dust Storm on some Biochemical features of Persian Oak (*Quercus brantii* Lindl.). *Environmental Erosion Research* **2018**, 8(1), 59-73. (in persian)
- Saeedi Abueshaghi, Z.; Pilehvar, B.; Sayedena, S. V., Vegetative and physiological responses of *Cercis siliquastrum* seedlings to water stress. *Forest Research and Development* **2023**, 9(3), 349-363. In Persian
- Smith, M.N.; Stark, S.C.; Taylor, T.C.; Ferreira, M.L.; Oliveira, E.; de, Restrepo-Coupe, N.; Chen, S.; Woodcock, T.; Santos, D.B.; dos, Alves, L.F.; Figueira, M.; Camargo, P.B. de.; Oliveira, R.C.; de, Aragão, L.E.O.C.; Falk, D.A.; McMahon, S.M.; Huxman, T.E.; Saleska, S.R., Seasonal and drought-related changes in leaf area profiles depend on height and light environment in an Amazon forest. *New Phytologist* **2019**, 222, 1284–1297.
- Shalini Sharma, P.; Jamwal, M., Phytochemical and Physicochemical Assessment of *Quercus semecarpifolia* Leaves in the North-West Himalaya. *Engineernig or Technology* **2023**, 5 (3), 177–184.
- Singh, N.; Tewari, A.; Shah, S.; Mittal, A., Seasonal water relations and stress tolerance of *Quercus semecarpifolia* (Smith) in treeline areas of Western Himalaya, India, *Vegetos* **2023**, 163(10), 64-76.
- Stovall, A.E.L.; Shugart, H.; Yang, X., Tree height explains mortality risk during an intense drought. *Nature Communications* **2019**, 10, 1–6.
- Xiong, Q.; Sun, G.; Shi, H.; Cai, S.; Xie, H.; Liu, F., Analysis of related metabolites affecting taste values in rice under different nitrogen fertilizer amounts and planting densities. *Foods* **2022**, 10 (11), 1-11.
- Yarmand, M.; Fadavi, A.; Labbafi, M.; Sharifi, F.; Kheiralipour, K., Biophysical, biomechanical and bioproximate properties of Iranian oak fruit. *Journal of Agricultural Technology* **2012**, 8(4), 1335-1342.
- Yang, X.; Thornton, P. E.; Ricciuto, D. M.; Post, W.M., The role of phosphorus dynamics in tropical forests modeling study using CLM-CNP. *Biogeosciences* **2014**, 11, 1667– 1681.
- Zhang, P.; Zhou, X.; Fu, Y.; Shao, J.; Zhou, Li, S.; Zhou, G.; Hu, Z.; Hu, J., Nate, G., Differential effects of drought on nonstructural carbohydrate storage in seedlings and mature trees of four species in a subtropical forest. *Forest Ecology and Management* **2020**, 1-42.

Physiological responses of mature Persian oak (*Quercus brantii* L.) under natural conditions to drought stress

Elham Jafaryan¹, Babak Pilehvar^{*2} and Majid Tavakli³

1- Ph.D. Student, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Lorestan University, Khorramabbad, I. R. Iran. (elyafaeryan@yahoo.com)

2- Associate Prof., Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran. (b.pilehvar@lu.ac.ir)

3- Assistant Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Research Center of Agriculture and Natural Resource of Lorestan, Khorramabad, I. R. Iran. (majid.tavakoli43@gmail.com)

Received: 01 January 2024

Accepted: 08 April 2024

Abstract

Introduction and Objective: Drought significantly impacts plant growth and has become a critical global concern. Understanding how plants respond to drought is essential. Under arid conditions, forests are prone to experiencing various types of stress. Trees protect themselves from drought stress through both physical and chemical defenses. Physical defenses include increasing the density of structures like leaves, thorns, and hairs, while chemical defenses involve producing physiological responses that serve as protective barriers against environmental factors. Oaks are known for their resistance to drought and heat, which is attributed to their physiological responses during dry conditions. The reaction of the dominant species of Persian oak (*Quercus brantii*) in the Zagros forests to recent droughts suggests that this species is highly sensitive to these conditions. The response to drought stress in mature, multi-year-old trees differs from that of seedlings of the same species. Certain physiological mechanisms influence the internal changes in trees as they react to stress. Therefore, the objective of this study is to examine the effects of drought stress on the physiological traits of mature oak trees under both optimal and stressful natural conditions.

Materials and Methods: This research was conducted on multi-year-old Persian oak trees over two years (2020-2022) in the natural forest environment of the Fajr Safa agro-industrial complex, located 10 kilometers from Khorramabad city. The experiment followed a completely randomized block design with three levels of drought stress. Drought treatments included a severe drought treatment (where the soil was completely covered with white plastic to prevent any moisture from reaching it for two years), moderate soil moisture treatment (with irrigation every 10 days), and a control group. The statistical sample included 120 trees, divided into 30 trees for each treatment group. On September 10, 2022, at the end of the experiment, leaves were collected from each tree at a fixed height of two meters around the trunk, from all four cardinal directions, and were taken to the laboratory. By measuring fresh weight, turgid weight, and dry weight, the relative water content of the leaves was calculated. To further analyze physiological traits, the leaves were dried in an oven at 70°C for 72 hours and ground into a powder. The following were measured in trees across all three treatment groups: proline levels, soluble and insoluble sugars, enzyme activity (peroxidase, superoxide dismutase, and ascorbate oxidase), as well as the amounts of carotenoids, chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll.

Findings: The analysis of variance results indicated that different treatment levels had a significant effect at the 0.05 level on the amounts of proline, relative water content of the leaves, and the activities of enzymes (peroxidase, superoxide dismutase, and ascorbate oxidase). However, no significant difference at the 0.05 level was observed between treatments regarding soluble sugars, insoluble sugars, and photosynthetic pigments (carotenoids, chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll). Among the treatment levels, the relative water content of the leaves showed the most variation. As drought stress increased, the relative water content of the leaves decreased, while proline, soluble sugars, insoluble sugars, enzymes (superoxide dismutase, peroxidase, and ascorbate oxidase), and photosynthetic pigments (chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, and carotenoids) showed an increasing trend.

* Corresponding author

Tel: +989125228512

The highest proline levels were found in the control group, with the lowest observed in the irrigated group. Relative water content, peroxidase, and superoxide dismutase activity were highest in the irrigated group. Under severe drought stress, levels of proline, soluble sugars, and insoluble sugars increased compared to the control group.

Conclusion: Based on the results of this study, mature oak trees tend to preserve carbohydrates and sugars under stress. This research highlights the adaptability of mature oak trees to both optimal conditions (comparing control with irrigated trees) and their resilience during dry periods (comparing control with stressed trees). The findings indicate that mature Persian oak trees can resist drought stress to some extent by increasing proline and antioxidant enzyme activity. Compared to previous studies, where seedlings showed greater vulnerability to changes in carbohydrates and soluble sugars under stress, mature trees seem to conserve their carbohydrates and sugars. These findings are highly relevant for forest management strategies and can inform forest specialists and stakeholders. Overall, the results suggest a strong relationship between drought stress responses and plant physiology. It can be concluded that the climatic conditions affecting Persian oak stands are critical and should be a major consideration for forest managers responsible for developing management programs for the western forests of the country.

Keywords: Enzymes, RWC, Proline, Photosynthetic pigments.

تغییرات برخی مؤلفه‌های خاک تحت تأثیر شدت تنک کردن در جنگل‌های مریوان

بهروز فانی^۱، عباس بانج‌شافی^{۲*}، مهدی پورهایمی^۳ و مازیار حیدری^۴

۱- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (zanafani@gmail.com)

۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)

۳- استاد، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران. (pourhashemi@rifr-ac.ir)

۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران (m.haidari@areeo.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۴

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: دخالت‌های انسانی و بهره‌برداری شدید از جنگل‌های زاگرس باعث شده که این جنگل‌ها پایداری طبیعی خود را از دست بدهند و به بوم‌سازگان‌های حساس تبدیل شوند. تخریب شدید پوشش گیاهی و فرسایش خاک از نتایج این شرایط است. جنگل‌های شاخه‌زاد به دلیل استفاده بیشتر از مواد معدنی خاک، موجب کاهش حاصلخیزی خاک می‌شوند و در تراکم بالا، توانایی حمایت مناسب از بستر رویشگاه را ندارند. تنک کردن می‌تواند به بهبود شرایط و کاهش رقابت بین درختان کمک کند. مدیریت جنگل بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر مستقیم و غیرمستقیم دارد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تنک کردن بر ویژگی‌های خاک در جنگل‌های بلوط زاگرس شمالی انجام شده و تأثیر این عملیات بر مدیریت پرورشی جنگل‌های شاخه‌زاد مورد بررسی قرار گرفته است. ارزیابی اثر عملیات جنگل‌داری بر خدمات اکوسیستم، بخشی از نیازهای علمی مدیریت پایدار جنگل را پاسخ می‌دهد.

مواد و روش‌ها: در این پژوهش، اثر شدت‌های مختلف تنک کردن بر ویژگی‌های خاک در توده خالص و جوان شاخه‌زاد بلوط (*Quercus brantii*) در جنگل‌های ریخلان مریوان، که نمونه‌ای از جنگل‌های تخریب‌شده زاگرس شمالی است، بررسی شد. این مطالعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه سطح تنک کردن (افزایشی، کاهش، شاهد) و در دو فاز چهارساله طی هشت سال انجام شد. از هر قطعه نمونه خاک (۳۶ نمونه در هر فاز) از عمق ۱۵-۰ سانتی‌متری تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد. برای تحلیل اثرات تنک کردن بر ویژگی‌های خاک از تجزیه واریانس دوطرفه (GLM) و

آزمون t جفتی برای مقایسه تغییرات بین دو فاز نمونه برداری استفاده شد. همچنین با روش‌های چندمتغیره، همبستگی بین متغیرها ارزیابی شد.

یافته‌ها: بررسی اثرات تنک کردن بر خصوصیات فیزیکی خاک نشان داد که در سال ۱۳۹۵، درصد شن، سیلت، رس و رطوبت خاک بین تیمارها تفاوت معنی داری نداشت. اما پس از هشت سال، تفاوت‌های قابل توجهی در درصد شن و رطوبت خاک مشاهده شد. تیمار افزایشی کمترین تغییرات منفی را در ویژگی‌های خاک نسبت به تیمار کاهشی و شاهد داشت. از نظر عناصر شیمیایی، تفاوتی در سال ۱۳۹۵ وجود نداشت، اما پس از هشت سال، تیمار افزایشی بهترین نتایج را در نیتروژن کل، سدیم، آهن، پتاسیم و فسفر قابل جذب ارائه داد. تیمار شاهد باعث کاهش رطوبت سطحی خاک شد، در حالی که تیمار کاهشی به دلیل کاهش تاج پوشش، رطوبت خاک را کاهش داد. مقدار رس در تیمارهای تنک شده کاهش و در تیمار شاهد افزایش جزئی داشت. به طور کلی، تیمار افزایشی بهترین نتایج را از نظر خصوصیات فیزیکی و رطوبت خاک نشان داد. در ارتباط با عوامل شیمیایی خاک چنین به نظر می‌رسد که درصد ترکیبات کم محلول مانند آهن، کمتر دچار آبشویی می‌شود و گاهی به دلیل از بین رفتن ذرات ریزبافت خاک (رس)، درصد نسبی آن در خاک افزوده می‌شود. اما در ارتباط با واکنش خاک pH، ریزش برگ درختان و مقطوعات جست‌های حذف شده ممکن است سبب کاهش اسیدیته خاک شده باشد، گرچه مقدار آهن در هر سه تیمار افزایش داشت و انتظار می‌رفت افزایش pH داشته باشیم؛ اما خاصیت تامپونی خاک مانع از افزایش این عامل شده و در سال‌های بعد مقداری نیز از pH خاک کاسته شد. ضمناً تأثیرات مخرب سدیم روی ساختار خاک در pH بالای خاک بیشتر است و چنین به نظر می‌رسد که انجام عملیات تنک کردن در اصلاح و حاصل خیزی خاک تأثیر مثبتی داشته است. در مورد نیتروژن کل، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که حذف تعداد زیادی جست و کاهش سطح تاج پوشش موجب افزایش تابش نور خورشید به سطح خاک و کاهش نیترات خاک شده است.

نتیجه‌گیری کلی: عملیات تنک کردن بر برخی از شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در درازمدت تأثیر داشت و تنک کردن با شدت افزایشی نسبت به تنک کردن با شدت کاهشی و شاهد، کمترین تغییرات منفی در شاخص‌های مطلوب خاک جنگلی را به همراه داشت.

واژه‌های کلیدی: بلوط، تنک کردن، زاگرس شمالی، شاخه‌زاد، عناصر خاک.

به تراکم و تنوع پوشش گیاهی می‌تواند متفاوت باشد. ذخیره مواد غذایی و ساختار شیمیایی تولیدشده توسط گونه‌های مختلف گیاهی، سبب ایجاد مدل‌های مختلفی در تجزیه ماده آلی و در نهایت ویژگی‌های خاک می‌شود (Rosseti et al., 2015).

مقدار استفاده از توده جنگلی و یا تخریب پوشش درختی و درختچه‌ای جنگل می‌تواند تغییرات زیادی را در کوتاه مدت و بلندمدت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بگذارد (Pato et al., 2016).

Marvi Mahajer (2006) نشان داد که جنگل‌های شاخه‌زاد باگذشت زمان تولید کمتری داشته، حاصل-خیزی خاک را کاهش داده، فرسایش ایجاد می‌کنند؛ بنابراین، بهتر است تبدیل به جنگل‌های شاخه و دانه‌زاد یا دانه‌زاد شوند که جنگل‌های پایدارتری هستند. تبدیل تدریجی این جنگل‌ها با عملیات تنک کردن انجام می‌شود. (Jazirei and Ebrahimi Rastaghi (2004) نیز با تأیید مطالب قبلی نشان داده که جنگل‌های شاخه‌زاد چون بیشینه استفاده را از مواد معدنی خاک می‌کنند، موجب کاهش شدید حاصلخیزی خاک می‌شوند. این توده‌ها در تراکم زیاد و در شرایط مساوی با توده‌های دانه‌زاد از نظر انبوهی، قادر به حمایت مناسب از بستر رویشگاه در مقابل عوامل جوی نیستند؛ بنابراین، تنک کردن سبب به وجود آمدن رقابت کمتر و شرایط مناسب تر می‌شود. (Jahandar and Alidoust (2022) اثرهای آتش‌سوزی بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک در جنگل‌های ارسباران شهرستان کلبر را مورد بررسی قرار دادند و نتایج این بررسی نشان داد که ویژگی‌های شیمیایی و زیستی خاک‌های جنگلی ارسباران (به جز فسفر و پتاسیم) نسبت به ویژگی‌های فیزیکی، بیشتر تحت تأثیر آتش‌سوزی قرار گرفتند و به‌طور کلی حاصلخیزی خاک پس از آتش‌سوزی، کاهش یافت. (Cheng et al. (2017) اثرهای شدت‌های

جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط حوزه رویشی زاگرس، به دلیل بهره‌برداری بی‌رویه، بیشتر دچار تخریب هستند. جنگل‌نشینان در زاگرس شمالی، به‌خصوص در شهرستان‌های بانه و مریوان و سردشت، وابستگی اقتصادی و اجتماعی زیادی به جنگل دارند. این عامل سبب تغییرات زیادی در شکل و ساختار اصلی جنگل‌ها شده است. نرخ بالای جمعیت جنگل‌نشین و محدود بودن زمین کشاورزی، از دلایل اصلی تشکیل نظام معیشتی وابسته به جنگل شده است که این عامل سبب بهره‌برداری‌های مختلفی از این جنگل‌ها مانند گلازنی، چرای دام، بهره‌برداری از محصولات فرعی، زراعت زیراشکوب و برداشت چوب سوخت شده است (Ghazanfari et al., 2004).

دخالت‌های بی‌رویه انسانی، قطع و بهره‌برداری شدید موجب شده جنگل‌های زاگرس روند طبیعی خود را از دست داده و به بوم‌سازگان‌های حساس تبدیل شده، پایداری خود در برابر آشفتگی‌های محیطی و انسانی را از دست بدهند. تخریب این جنگل‌ها به‌حدی افزایش یافته که علاوه بر نابودی پوشش گیاهی، خاک نیز به‌شدت دچار فرسایش شده است (Zarinkafsh, 2002).

Karamian and Hosseini (2020) بیان کردند که پایداری درازمدت بوم‌سازگان‌های جنگلی به حفظ وضعیت خاک وابسته است، آگاهی از کیفیت خاک‌های جنگلی و بررسی اثرهای فعالیت‌های مختلف انجام‌شده بر ویژگی‌های خاک بسیار مهم بوده، در مدیریت جنگل مؤثر است. تخریب روزافزون جنگل‌های حوزه رویشی زاگرس سبب می‌شود که اهمیت حفظ، نگهداری و احیای این جنگل‌های باارزش بیشتر شود.

خاک و پوشش گیاهی به دلیل داشتن روابط دوطرفه شدید، برهم اثرگذار هستند. صفات خاک بسته

روی رویش و اجزای درختان شاخه‌زاد بلوط بررسی شد.

در پژوهش‌های انجام‌شده بررسی خاک و تأثیر عملیات تنک‌کردن بر روی مؤلفه‌های خاک مورد بررسی قرار نگرفت. از نوآوری تحقیق پیش‌رو می‌توان به اثرهای تنک‌کردن بر روی برخی از مؤلفه‌های خاک اشاره کرد. نوع مدیریت جنگل به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق تغییر یا تخریب پوشش گیاهی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اثر خواهد در این پژوهش، برای راستی‌آزمایی فرضیه اثرپذیری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک سطحی از عملیات تنک‌کردن، مؤلفه‌های خاک در قطعات تنک شده و شاهد مورد بررسی میدانی و آزمایشگاهی قرار گرفت. به‌کارگیری نتایج فرضیه‌های مطرح شده، در مدیریت پرورشی جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط زاگرس شمالی هدف اصلی این پژوهش است. لازم به‌ذکر است بررسی اثرهای متقابل خاک و درختان به‌تنهایی نمی‌تواند شیوه مدیریت پرورشی را تعیین کند اما می‌تواند بخشی از نیازها و سؤالات علمی در به‌کارگیری شیوه‌های موردنظر را پاسخ دهد زیرا یکی از جنبه‌های مهم مدیریت پایدار جنگل، ارزیابی تأثیر عملیات جنگل بر خدمات اکوسیستم است.

مواد و روش‌ها

محل پژوهش در دامنه جنگلی مشرف به نهالستان ریخلان مریوان در ارتفاع ۱۳۸۰-۱۳۵۰ متر از سطح دریا و جهت دامنه شرقی و جنوب شرقی قرار دارد (شکل ۱).

مختلف تنک‌کردن (کنترل شده، متوسط و شدید) بر مؤلفه‌های خاک در توده‌های نراد چینی (*Cunninghamia lanceolata* Hook.) در منطقه شرق چین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در تنک‌کردن شدید، نیتروژن کل و روی در مقابل با تیمار کنترل بیشتر بود، درحالی‌که مقدار پتاسیم کمتر بود. آنها بیان کردند که تنک‌کردن با شدت متوسط، تأثیر زیادی بر کربن خاک نمی‌گذارد. (Banj-Shafiei et al. (2014)

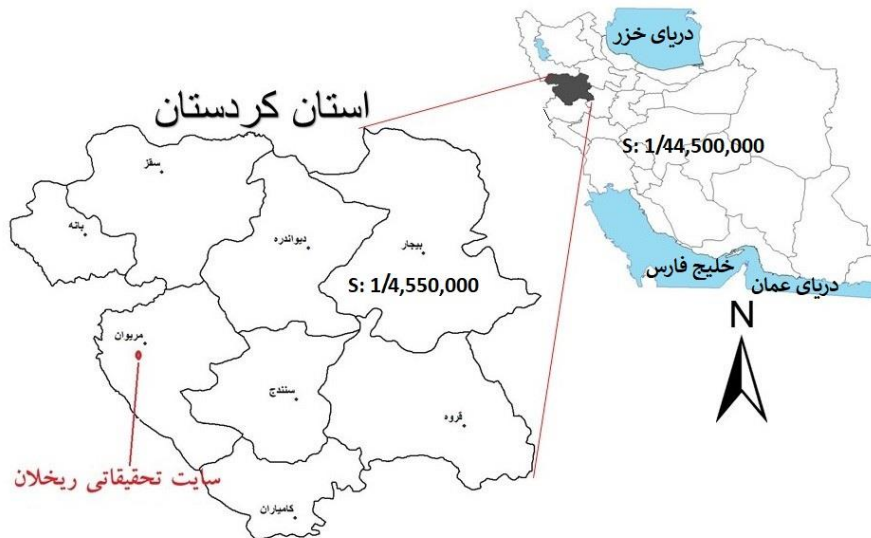
در مناطق جنگلی مریوان و بانه، چنین نتیجه گرفتند که مقدار درصد آهک، شن، رس، pH، ماده آلی، هدایت الکتریکی، نیتروژن، فسفر در توده‌های کمتر دخالت شده نسبت به توده مورد بهره‌برداری تفاوت معنی‌داری وجود داشت. (Zarafshar et al. (2021)

در پژوهشی به بررسی اثر عملیات قرق (کمتر دخالت شده) بر برخی ویژگی‌های خاک در توده‌های گلابی وحشی پرداختند و نتایج نشان داد که اعمال مدیریت قرق در توده‌های جنگلی گلابی وحشی نه تنها سبب افزایش اندوخته کربن خاک تا بیش از دو برابر شده، بلکه حاصل‌خیزی آن را بهبود داده است. (Vatani et al. (2021)

در تحقیقی بر ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی خاک، ۲۰ سال پس از جنگلکاری در جنگل‌های شمال ایران چنین نتیجه گرفتند که نوع گونه درختی بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اثرگذار است. (Khodakarami et al. (2016)

و (Mehdifar et al. (2016)

پژوهشی در استان کرمانشاه و لرستان انجام دادند که تیمارهای مورد استفاده شامل تنک‌کردن با شدت سبک، متوسط و سنگین بود و به ترتیب ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد از مقدار سطح مقطع (در نیم‌متری یقه) جست‌گروه‌ها تنک شدند و تیمار چهارم به‌عنوان کنترل انتخاب شد. تأثیر تنک‌کردن بر



شکل ۱- موقعیت رویشگاه تحقیقاتی در نقشه استان و شهرستان مریوان

Figure 1. Location of the research area on the map

طرح پژوهشی پیش‌رو در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با تیمار شدت تنک کردن در سه سطح و سه تکرار در نه قطعه ۶۲۵ مترمربعی اجرا شد. تیمارها شامل تنک کردن با شدت افزایشی، تنک کردن با شدت کاهشی و تیمار شاهد (کنترل) که هیچ‌گونه دخالتی در آن انجام نشد. تیمار تنک کردن در فاز دوم به دلیل اینکه در ادامه فاز اول و همان قطعات اجرا شد، بنابراین می‌توان تیمار فاز دوم را ترکیبی از شدت برش فاز اول و دوم در نظر گرفت (جدول ۱). برای بررسی اثر شدت‌های مختلف تنک کردن بر روی بستر رویشگاه برخی مؤلفه‌های خاک شامل شن (Sand)، رس (Clay)، سیلت (Silt)، رطوبت خاک (Soil moisture)، درصد اشباع (S)، هدایت الکتریکی (EC)، اسیدیته (pH)، نیتروژن کل (N_{tot})، سدیم (Na)، آهک (T.N.V)، پتاسیم قابل جذب (K_{av})، فسفر قابل جذب (P_{av}) و کربن آلی (OC) در پایان فاز اول (سال ۱۳۹۵) و پایان فاز دوم (سال ۱۳۹۹) مورد بررسی قرار گرفت.

تپ جنگلی منطقه اجرای طرح با معیار تراکم سطح تاج پوشش گونه‌ها، تپ برودار (*Quercus brantii*) بوده که ۹۱/۶ درصد از سطح تاج پوشش عرصه را به خود اختصاص داده است. گونه‌های درختی و درختچه‌ای همراه آن شامل مازودار (*Q. infectoria*) و زالزالک (*G.Olivier Crataegus*) با ۵/۸ درصد و زالزالک (*pseudoheterophylla* Pojark. با ۲/۵ درصد و بادام وحشی (*Amygdalus lycioides* Spach) و آلبالو وحشی (*Cerasus microcarpa* Boiss.) با کمتر از ۰/۱ درصد است (داده‌های آماربرداری یک سال پیش از اجرای طرح). توده مورد بررسی جوان و همسال بوده که در اثر دخالت و تخریب عرصه از طریق پاچوش و ریشه جوش تجدید حیات کرده است.

این پژوهش با استفاده از تنک کردن با شدت‌های مختلف در بازه زمانی ۱۶ ساله (چهار فاز چهارساله) به دنبال تغییر تدریجی در ساختار توده جنگلی شاخه‌زاد به شاخه و دانه‌زاد است. تاکنون دو فاز (فاز اول ۹۵-۱۳۹۱ و فاز دوم ۹۹-۱۳۹۵) از چهار فاز آن تکمیل شده است.

جدول ۱- شدت تنک کردن در فازها و تیمارهای مختلف

Table 1. Intensity of Thinning in different Phases and Treatments

جمع تنک کردن دو فاز Total two-phase thinning	فاز دوم (۹۹ - ۱۳۹۵) The first phase (2017-2021)	فاز اول (۹۵ - ۱۳۹۱) The second phase (2013- 2017)	تیمار شدت تنک کردن Thinning treatments
0%	0%	0%	شاهد Control
(18+22)%	قطع ۲۲ درصد جست‌های باقی- مانده Cut off 22% of existing sprouts	قطع ۱۸ درصد جست‌های موجود Cut off 18% of existing sprouts	افزایشی Ascending
(32+28)%	قطع ۲۸ درصد جست‌های باقی- مانده Cut off 28% of existing sprouts	قطع ۳۲ درصد جست‌های موجود Cut off 32% of existing sprouts	کاهشی Descending

۹۵) و دومین نمونه برداری خاک (سال ۹۹) در تیمارهای آزمایشی با آزمون t جفتی مقایسه بین تمام ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد که در پایان، با استفاده از روش‌های چندمتغیره مثل همبستگی‌ها، تأثیر متغیرهای موردنظر بر همدیگر نیز برآورد و تحلیل شد (شکل ۲).

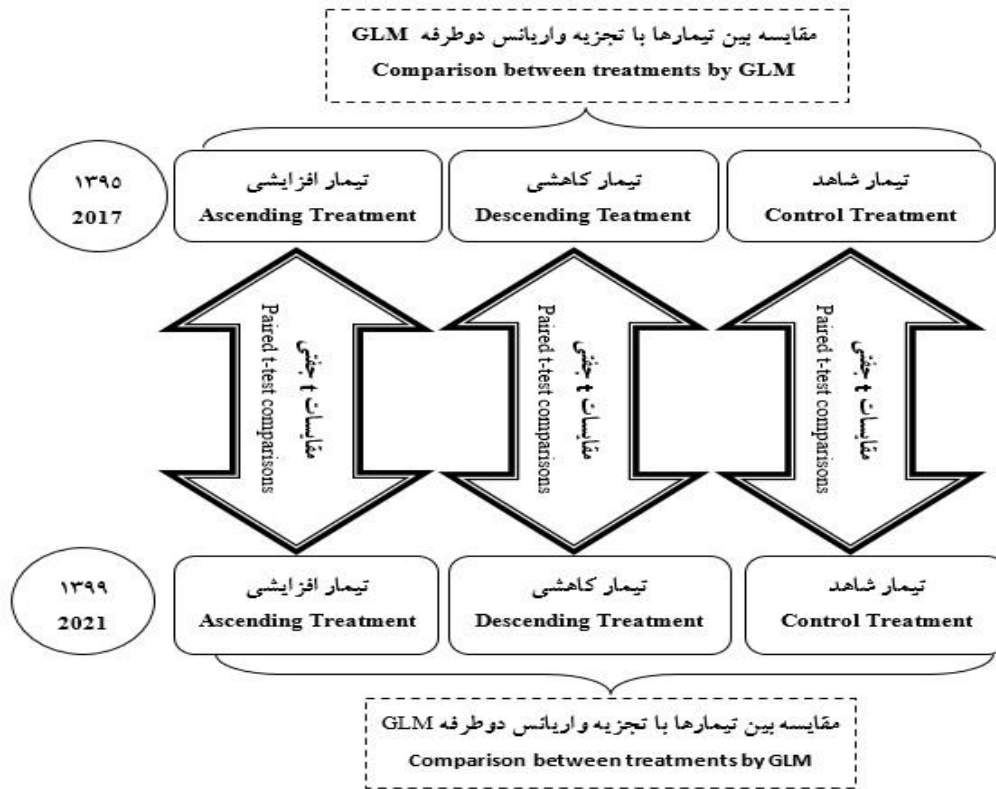
نتایج

خصوصیات فیزیکی خاک

آنالیز نمونه‌های برداشت شده از خاک عرصه در سال ابتدای پژوهش، نشان داد که خاک دارای دانه‌های درشت با بافت متوسط شنی لومی و پایداری ذرات آن در وضعیت خشک، شکننده و سست و در وضعیت خیس چسبنده بود. هدایت الکتریکی خاک ۰/۶۲ دسی-زیمنس بر متر و pH خاک ۶/۹ و درصد کربن آلی ۰/۹۸ درصد و فسفر و پتاس در حد نرمال بود. در نتیجه از نظر وضعیت حاصل خیزی و نفوذپذیری با در نظر گرفتن بافت خاک کیفیت به نسبت مناسبی داشت.

برای اندازه‌گیری نیتروژن کل از روش کج‌دال (Kjeldahl, 1883)، هدایت الکتریکی با دستگاه کانداکتیوی متر و اسیدیت با دستگاه پی‌اچ متر و درصد اشباع با روش تهیه گل اشباع (Richards, 1954) و برای محاسبه آهک به روش تیتراسیون خنثی کردن با اسید (Allison and Modie, 1965) انجام شده است. برای محاسبه کربن آلی از روش والکلی بلک (Walkley and Black, 1934) و فسفر قابل جذب از روش اولسن (Olsen and Sommers, 1982) و برای محاسبه پتاسیم قابل جذب نیز از روش استات آمونیوم (Rhoades, 1982) استفاده شد. برای درصد رطوبت وزنی نیز از روش توزین و برای بافت خاک روش هیدرومتری (Gavlack et al., 2005) استفاده شد.

باتوجه به دخالت عوامل مربوط به درختان و رویشگاه بر روی صفات خاک، در این آزمایش از تجزیه واریانس دوطرفه (GLM) برای بررسی اثر تیمار تنک-کردن بر روی مؤلفه‌های خاک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای بررسی روند تغییرات در فاصله اولین (سال



شکل ۲- نمای آنالیز بین تیمارها و بین سال‌های نمونه‌گیری

Figure 2. View of the analysis between treatments and between sampling years

تفاوت معنی داری نداشتند (جدول ۲). با اجرای برش-های فاز دوم در ادامه برش‌های قبلی و باگذشت هشت سال از شروع عملیات تنک کردن، در رابطه با ذرات شن و رطوبت خاک تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده شد (جدول ۳ و شکل ۳).

بررسی اثرهای تیمارها بر خصوصیات خاک فیزیکی با استفاده از تجزیه واریانس دوطرفه GLM نشان داد که درصد ذرات شن، سیلت، رس و رطوبت خاک، درصد اشباع در سال ۱۳۹۵ بین تیمارها، هیچ

جدول ۲- تحلیل آماری تجزیه واریانس دوطرفه GLM صفات فیزیکی خاک (۱۳۹۵)

Table 2. Statistical analysis of the General linear model (GLM) of soil physical attributes (2017)					
Sig.	F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	درجه آزادی df	منبع تغییرات Source of changes
0.345 ^{ns}	1.20	42.39	84.8	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment
0.071	3.60	127.06	254.1	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block
0.279	1.51	53.22	212.9	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (treatment and block)
		35.33	318.0	9	خطا error

شن (درصد)
Sand (%)

ادامه جدول ۲.

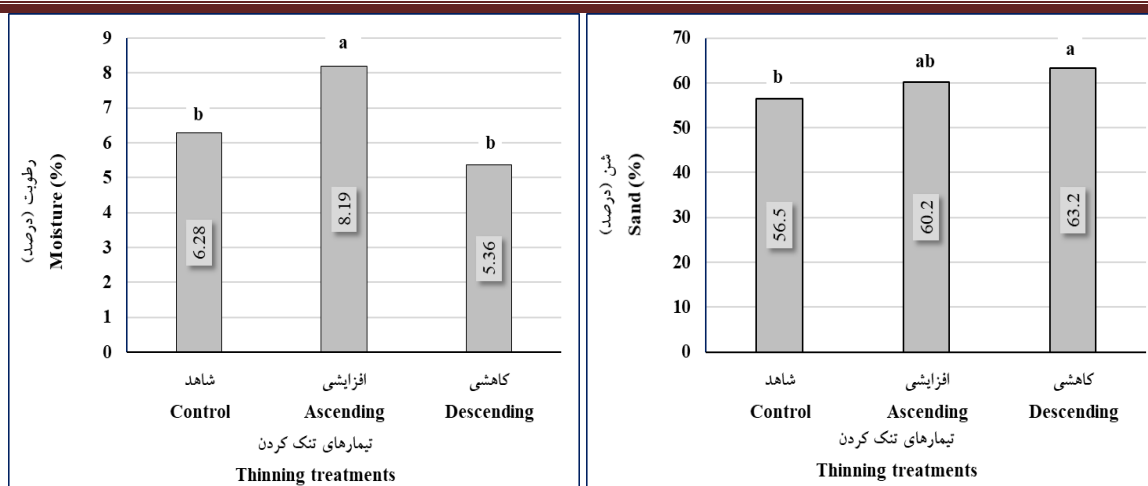
Continued table 2.

Sig.	F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	df	منبع تغییرات Source of changes	
0.728 ^{ns}	0.33	7.39	14.8	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.661	0.43	9.72	19.4	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	سیلت (درصد)
0.262	1.58	35.39	141.6	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (treatment and block)	Silt (%)
		24.44	202.0	9	خطا error	
0.069 ^{ns}	3.66	78.00	156.0	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.010	8.00	170.67	341.3	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	رس (درصد)
0.016	5.56	118.67	474.7	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (treatment and block)	Clay (%)
		21.33	192.0	9	خطا error	
0.839 ^{ns}	0.18	0.48	0.96	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.588	0.54	1.46	2.93	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	رطوبت (درصد)
0.760	0.47	1.27	5.09	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (treatment and block)	Moisture (%)
		2.73	194	9	خطا error	
0.991 ^{ns}	0.009	0.418	0.835	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.811	0.215	9.76	19.5	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	اشباع (درصد)
0.076	3.054	138	555	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (treatment and block)	SP (%)
	0.009	45	409	9	خطا error	

جدول ۳- تحلیل آماری تجزیه واریانس دو طرفه GLM صفات فیزیکی خاک (۱۳۹۹)

Table 3. Statistical analysis of the General linear model (GLM) of soil physical attributes (2021)

Sig.	F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	df	منبع تغییرات Source of changes	
0.036*	3.71	163.28	327	2	اثر اصلی تیمار تنک کردن The main effect of treatment	
0.735	0.31	13.68	27	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	شن (درصد)
0.640	0.64	28.06	112	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (treatment and block)	Sand (%)
		44.08	1366	9	خطا error	
0.239 ^{ns}	1.50	19.14	38.3	2	اثر اصلی تیمار تنک کردن The main effect of treatment	
0.367	1.04	13.21	26.4	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	سیلت (درصد)
0.992	0.07	0.83	3.3	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (treatment and block)	Silt (%)
		12.76	395.4	9	خطا error	
0.063 ^{ns}	3.03	76.64	153.3	2	اثر اصلی تیمار تنک کردن The main effect of treatment	
0.699	0.36	9.13	18.3	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	رس (درصد)
0.441	0.97	24.36	97.4	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (treatment and block)	Clay (%)
		25.26	782.9	9	خطا error	
0.048*	3.18	49.09	98.18	2	اثر اصلی تیمار تنک کردن The main effect of treatment	
0.048	3.18	49.06	98.12	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	رطوبت (درصد)
0.014	3.35	51.76	207	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (treatment and block)	Moisture (%)
		15.45	1097	9	خطا error	
0.35 ^{ns}	1.07	38.50	77.0	2	اثر اصلی تیمار تنک کردن The main effect of treatment	
0.71	0.35	12.67	25.3	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	اشباع (درصد)
0.37	1.12	40.08	160.3	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (T×R)	SP (%)
		35.87	1112	9	خطا error	



شکل ۳- نمودار مقایسه‌ای درصد شن و رطوبت خاک بین تیمارها با استفاده از آزمون t جفتی در سال ۱۳۹۹
 Figure 3. Comparative chart of sand and soil moisture between treatments by Paired t-test in 2021

بررسی روند تغییرات در فاصله اولین (۱۳۹۵) و دومین نمونه‌برداری خاک (۱۳۹۹) با آزمون تی جفتی نشان می‌دهد که درصد شن و سیلت در هر سه تیمار بین دو زمان نمونه‌برداری (۹۵ و ۹۹) هیچ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه t جفتی خصوصیات فیزیکی خاک بین سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۹

مقدار احتمال <i>p</i> -value	اشتباه معیار Std. error mean	تیمارها Treatments	نمونه‌های زوجی Paired Sample Test
0.944 ^{ns}	3.777	شاهد Control	
0.108 ^{ns}	4.265	شدت افزایشی Ascending	شن (درصد) Sand (%)
0.082 ^{ns}	3.326	شدت کاهش Descending	
0.555 ^{ns}	1.363	شاهد Control	
0.651 ^{ns}	1.559	شدت افزایشی Ascending	سیلت (درصد) Silt (%)
0.610 ^{ns}	3.164	شدت کاهش Descending	
0.704 ^{ns}	2.829	شاهد Control	
0.143 ^{ns}	5.224	شدت افزایشی Ascending	رس (درصد) Clay (%)
0.018 [*]	1.589	شدت کاهش Descending	

ادامه جدول ۴.

Continued table 4.

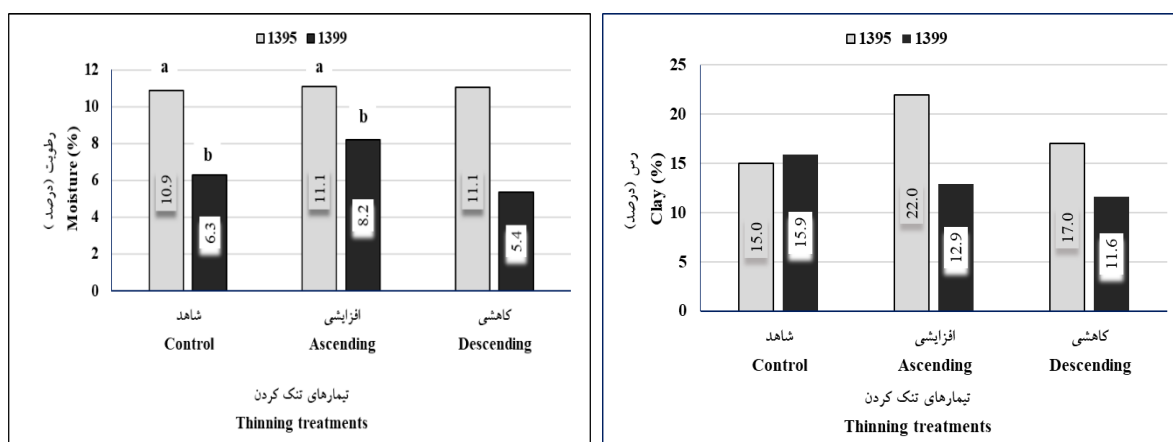
مقدار احتمال <i>p</i> -value	اشتباه معیار Std. error mean	تیمارها Treatments	نمونه‌های زوجی Paired Sample Test
0.000 **	0.536	شاهد Control	رطوبت (درصد) Moisture (%)
0.075 ns	1.545	شدت افزایشی Ascending	
0.000 **	0.450	شدت کاهش‌ی Descending	
0.459 ns	4.323	شاهد Control	اشباع (درصد) Saturation (%)
0.400 ns	5.666	شدت افزایشی Ascending	
0.047*	2.461	شدت کاهش‌ی Descending	

ولی در دو تیمار افزایشی و شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴ و شکل ۵).

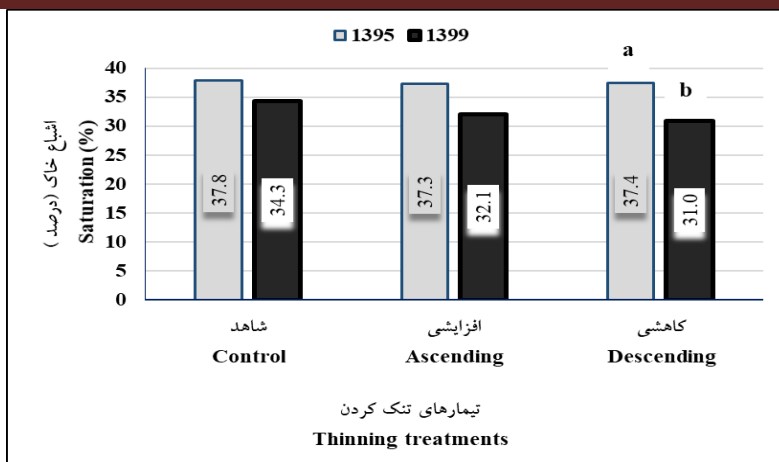
رطوبت خاک بین سال ۹۹ و ۹۵ در تیمار شاهد و تیمار کاهش‌ی اختلاف معنی‌داری را در سطح اعتماد ۹۹ درصد نشان داد؛ ولی در تیمار افزایشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). مقدار رطوبت خاک از سال ۹۵ تا ۹۹ در تیمارهای کاهش‌ی و شاهد به صورت معنی‌داری کاسته شد (شکل ۴).

مقدار ذرات رس اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵ درصد در تیمار کاهش‌ی بین سال ۹۵ و ۹۹ نشان داد. نمودارهای مربوطه، نشان می‌دهد که مقدار رس در تیمارهای تنک شده کاهش؛ ولی در تیمار شاهد به مقدار جزئی افزایش داشت (جدول ۴ و شکل ۴).

درصد اشباع خاک و مقایسه بین دو زمان نمونه برداری نشان داد که در تیمار کاهش‌ی در سال ۹۹ مقدار درصد اشباع خاک به صورت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نسبت به سال ۹۵ کاهش نشان داد؛



شکل ۴- نمودار مقایسه‌ای درصد رس و رطوبت خاک با استفاده از آزمون *t* جفتی در سال بین ۱۳۹۵ و ۱۳۹۹
Figure 4. Comparative chart of clay and soil moisture by Paired *t*-test between 2017 and 2021



شکل ۵- نمودار مقایسه‌ای درصد اشباع خاک با استفاده از آزمون t جفتی بین سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۹

Figure 5. Comparative chart of Soil saturation by Paired t-test between 2017 and 2021

pH و سدیم خاک بین تیمارها در سال ۱۳۹۹

تفاوت معنی داری را در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد که مقدار واکنش خاک (pH) در تیمار کاهش با ۷/۴ بیشترین و افزایشی ۷/۲ کمترین بود. اما در ارتباط با هدایت الکتریکی و فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۲). از طرفی درصد نیتروژن کل بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری داشت؛ اما در مورد دیگر عناصر خاک مانند کربن آلی، آهک، نسبت کربن به نیتروژن اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۵).

خصوصیات شیمیایی خاک

مقایسه بین تیمارها با استفاده از تجزیه واریانس دوطرفه نشان داد که از نظر عناصر شیمیایی خاک در سال ۱۳۹۵ (بعد از گذشت چهار سال از اجرای اولین برش) بین تیمارها، هیچ تفاوت معنی داری وجود نداشت. اما با اجرای برش‌های تکمیلی فاز دوم در ادامه برش‌های قبلی و باگذشت هشت سال از شروع عملیات تنک-کردن و زمان لازم برای تعاملات خاک و گیاه، عناصر و ویژگی‌های شیمیایی خاک تفاوت معنی داری بین تیمارها نشان دادند (جدول ۵).

جدول ۵- تجزیه واریانس دوطرفه GLM، در برخی از صفات شیمیایی خاک بین تیمارهای مختلف (سال ۱۳۹۹)

Table 5- General linear model of some soil chemical traits between different treatments (2021)

Sig.	F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	df	منبع تغییرات Source of changes
0.05 *	3.30	0.09	0.180	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment
0.30	1.25	0.03	0.068	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block
0.05	2.65	0.07	0.288	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (T×R)
		0.03	0.842	9	خطا error

اسیدیته
pH

ادامه جدول ۵.

Continued table 5.

Sig.	F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	df	منبع تغییرات Source of changes	
0.56 ^{ns}	0.56	0.02	0.044	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.83	0.83	0.01	0.014	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	هدایت الکتریکی
0.14	0.14	0.07	0.284	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (T×R)	EC
		0.04	1.156	9	خطا error	
0.68 ^{ns}	0.40	44.27	88	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.61	0.51	56.80	113	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	فسفر قابل جذب
0.14	1.88	209.34	837	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (T×R)	P _{av}
		111.41	3453	9	خطا error	
0.18 ^{ns}	1.79 ^{ns}	14971	29943	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.52	0.68	5647	11295	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	پتاسیم قابل جذب
0.77	0.45	3775	15101	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (T×R)	K _{av}
		8363	259266	9	خطا error	
0.000 ^{**}	60.56	0.31	0.624	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.043	3.49	0.02	0.036	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	سدیم
0.000	14.06	0.07	0.290	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (T×R)	Na
		0.01	0.160	9	خطا error	
0.002 ^{**}	7.73	0.023	0.045	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.023	4.26	0.013	0.025	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	نیترژن کل
0.041	2.84	0.008	0.033	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (T×R)	N _{tot}
		0.003	0.091	9	خطا error	

ادامه جدول ۵.

Continued table 5.

Sig.	F	میانگین مربعات MS	مجموع مربعات SS	df	منبع تغییرات Source of changes	
0.559 ^{ns}	0.59	0.19	0.386	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.151	2.01	0.65	1.309	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	کربن آلی (درصد)
0.455	0.94	0.31	1.221	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (T×R)	OC%
		0.33	10.097	9	خطا error	
0.676 ^{ns}	0.36	192.62	610	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.316	1.55	826.73	1840	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	کربن به نیتروژن
0.443	0.95	506.58	2956	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (T×R)	C:N
		533.96	23863	9	خطا error	
0.140 ^{ns}	2.10	1.18	2.360	2	اثر اصلی تیمارتنک کردن The main effect of treatment	
0.578	0.58	0.31	0.628	2	اثر اصلی بلوک (تکرار) The main effect of the block	آهک (درصد)
0.519	0.83	0.46	1.858	4	اثرهای متقابل (تیمار و بلوک) Interaction effects (T×R)	T.N.V%
		0.56	17.433	9	خطا error	

داد. نیتروژن کل و سدیم و پتاسیم و فسفر قابل جذب و نسبت کربن به نیتروژن (C:N) خاک بین سال ۹۵ و ۹۹ در تک تک تیمارها اختلاف معنی داری را نشان ندادند (جدول ۶).

در ارتباط با کربن آلی بین سال ۹۹ و ۹۵ در تک تک تیمارها اختلافی مشاهده نشد؛ اما مقدار افزایش کربن آلی در تیمار افزایشی مقدار قابل قبولی در شاخص بررسی های حاصل خیزی خاک نشان داد و در دو تیمار کاهش و شاهد مقدار کربن آلی کاهش جزئی را نشان

جدول ۶- مقایسه t جفتی عناصر و خصوصیات شیمیایی خاک بین سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۹

Table 6. Paired t-test comparison of soil elements and chemical properties between 2017 and 2021

مقدار احتمال p-value	اشتباه معیار Std. error mean	تیمارها Treatments	نمونه های زوجی Paired sample test
0.989 ^{ns}	0.128	شاهد Control	هدایت الکتریکی
0.050*	0.023	شدت افزایشی Ascending	(دسی زیمنس بر متر) EC (ds m ⁻¹)
0.501 ^{ns}	0.180	شدت کاهش Descending	

ادامه جدول ۶.

Continued table 6.

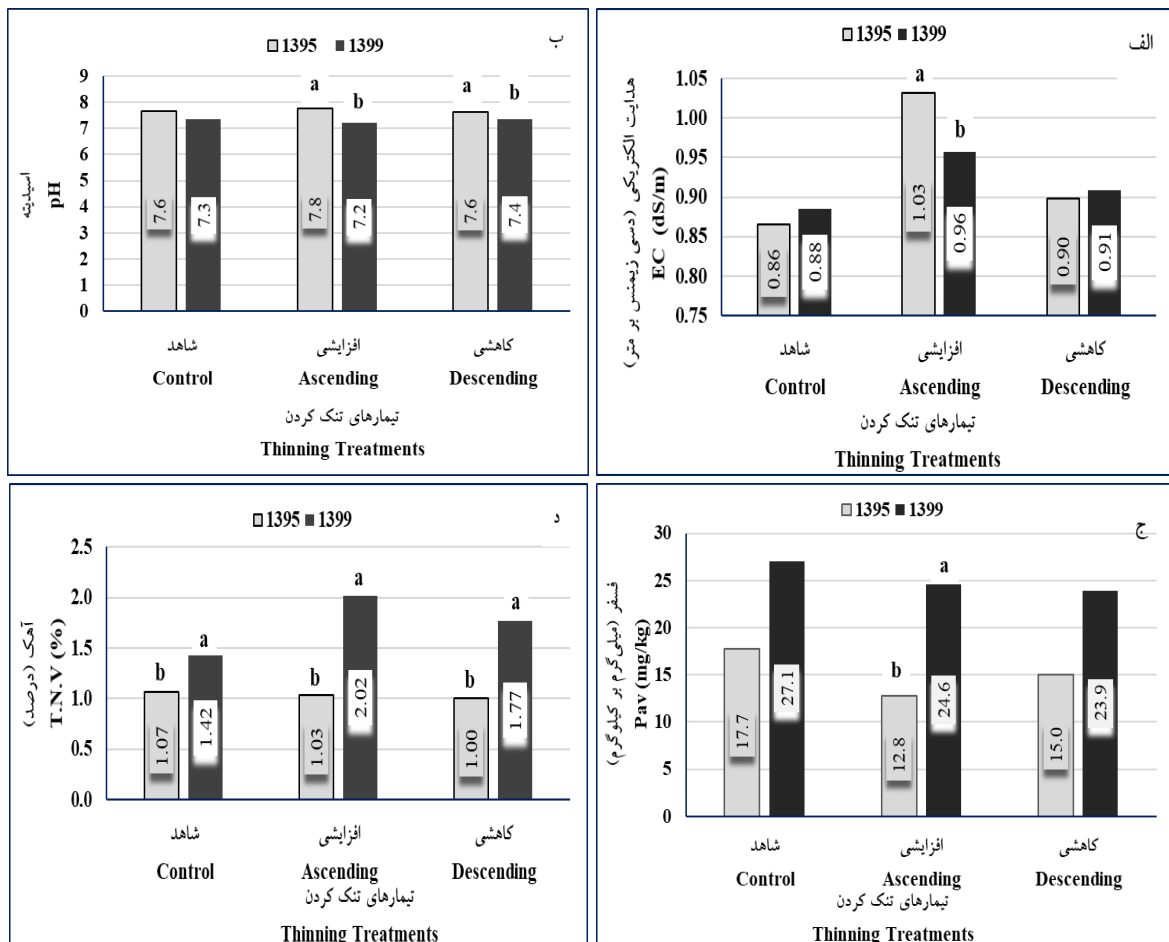
مقدار احتمال <i>p</i> -value	اشتباه معیار Std. error mean	تیمارها Treatments	نمونه‌های زوجی Paired sample test
0.065 ^{ns}	0.128	شاهد Control	اسیدیته pH
0.005 ^{**}	0.111	شدت افزایشی Ascending	
0.002 ^{**}	0.045	شدت کاهش‌ی Descending	آهک (درصد) T.N.V (%)
0.048 [*]	0.136	شاهد Control	
0.021 [*]	0.296	شدت افزایشی Ascending	
0.014 [*]	0.214	شدت کاهش‌ی Descending	کربن آلی (درصد) OC (%)
0.181 ^{ns}	0.369	شاهد Control	
0.238 ^{ns}	0.602	شدت افزایشی Ascending	
0.657 ^{ns}	0.889	شدت کاهش‌ی Descending	نیتروژن کل (درصد) N _{tot} (%)
0.499 ^{ns}	0.050	شاهد Control	
0.793 ^{ns}	0.048	شدت افزایشی Ascending	
0.093 ^{ns}	0.019	شدت کاهش‌ی Descending	سدیم (میلی گرم) Na (mg)
0.123 ^{ns}	0.076	شاهد Control	
0.343 ^{ns}	0.123	شدت افزایشی Ascending	
0.915 ^{ns}	0.089	شدت کاهش‌ی Descending	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) K _{av} (mg kg ⁻¹)
0.180 ^{ns}	28.587	شاهد Control	
0.069 ^{ns}	58.854	شدت افزایشی Ascending	
0.155 ^{ns}	34.772	شدت کاهش‌ی Descending	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) P _{av} (mg kg ⁻¹)
0.063 ^{ns}	4.068	شاهد Control	
0.143 ^{ns}	6.804	شدت افزایشی Ascending	
0.037 [*]	3.423	شدت کاهش‌ی Descending	

که در تمام تیمارها اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده شده است. آهک هر سه تیمار در سال ۱۳۹۹ نسبت به ۱۳۹۵ افزایش داشت (جدول ۶ و شکل ۶ د).

در خصوص فسفر قابل جذب مقایسه t جفتی نشان داد که در تیمار افزایشی اختلاف معنی داری بین فسفر قابل جذب در سال ۹۹ با سال ۹۵ وجود داشت و مقدار فسفر افزایش معنی داری داشت. اما در تیمارهای کاهش و شاهد بین دو زمان نمونه برداری اختلاف معنی داری مشاهده نشد (جدول ۶ و شکل ۶ ج).

مقایسه تی جفتی عناصر و خصوصیات شیمیایی خاک بین سالهای ۹۵ و ۹۹ نشان داد که هدایت الکتریکی در تیمار افزایشی اختلاف معنی داری را نشان داد و این متغیر در طول دو زمان نمونه برداری کاهش داشت (جدول ۶ و شکل ۶ الف).

در ارتباط با اسیدیته خاک در تیمارهای افزایشی و کاهش بین سال ۹۹ و ۹۵ اختلاف معنی داری مشاهده شد و نمودار مربوطه کاهش این متغیر را در سال ۹۹ در تیمارهای ذکر شده نشان داد. (جدول ۶ و شکل ۶ ب). در مورد آهک (T.N.V) مقایسه جفتی بین داده های برداشت شده در دو زمان نمونه برداری نشان داد



شکل ۶- نمودارهای مقایسه میانگین t جفتی عناصر و خصوصیات شیمیایی خاک بین سال ۱۳۹۹ و ۱۳۹۵

Figure 6. Paired t-test comparison graphs of soil elements and characteristics between 2019 and 2021

نتیجه فوق را تأیید می‌کند و تصور می‌شود که ریزش برگ درختان و مقطوعات جست‌های حذف شده ممکن است سبب کاهش اسیدیته خاک شد. گرچه مقدار آهک در هر سه تیمار افزایش داشت و انتظار می‌رفت افزایش pH داشته باشیم؛ اما خاصیت تامپونی خاک مانع از افزایش این عامل شده و در سال‌های بعد مقداری نیز از pH خاک کاسته شد.

هدایت الکتریکی خاک گرچه در سال ۹۵ و در سال ۹۹ بین تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان نداد؛ اما با مقایسه روند بین سال ۹۵ و ۹۹ تنها در تیمار افزایشی کاهش داشته و در دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌دار نبوده است البته مقدار هدایت الکتریکی خاک در هر سه تیمار پایین است و نشان از یک عرصه تخریب‌یافته را دارد؛ زیرا در خاک‌هایی که EC کمی دارند، کمبود عناصر ایجاد شد.

در ارتباط با عنصر سدیم در سال ۱۳۹۹ تیمار کاهش‌ی کمترین و شاهد بیشترین مقدار را در خاک داشت و بررسی بین دو نمونه‌گیری در سال‌های ۹۵ و ۹۹ نشان می‌دهد که مقدار سدیم در تیمارهای تنک شده کاهش و در تیمار شاهد افزایش داشته است. این مقادیر کم و جزئی بوده، اما در بلندمدت بر شوری خاک رویشگاه تأثیر خواهد گذاشت. نتایج پژوهش انجام شده توسط Dardipour et al. (2006) نشان می‌دهد که سدیم سرعت تشکیل لایه سخت و غیرقابل نفوذ در سطح خاک (سله) را افزایش می‌دهد که به نوبه خود سبب مانع بزرگی برای جریان یافتن آب و هوا به داخل خاک و تشدید فرسایش می‌شود. لازم به ذکر است که تأثیرات مخرب سدیم روی ساختار خاک در pH بالای خاک بیشتر است و چنین به نظر می‌رسد که انجام عملیات تنک کردن در اصلاح و حاصل خیزی خاک تأثیر مثبتی داشته است.

بررسی رطوبت خاک و درصد اشباع نشان می‌دهد که در سال ۹۹ در تمام تیمارها کاهش رطوبت خاک، مشاهده شد، که این عامل بیشتر مربوط به وضعیت بارش‌های جوی در آن سال بود. مقایسه میانگین این عامل در تیمارها نشان داد که تیمار کاهش‌ی و شاهد نسبت به تیمار افزایشی کاهش رطوبت، بیشتری را داشت و این یافته‌ها با پژوهش انجام شده توسط Ghanizadeh et al. (2020) در یک راستا است و علت را می‌توان در این موضوع دانست که در تیمار شاهد وجود جست‌های فراوان مقدار مصرف رطوبت خاک را افزایش داده و سبب کاهش رطوبت سطحی خاک شد؛ اما در تیمار کاهش‌ی حذف تعداد زیادی جست، نسبت به دو تیمار دیگر موجب شده از سطح تاج کاسته شده و بستر خاک در معرض تابش نور خورشید قرار گیرد و رطوبت خاک کاهش یافت؛ بنابراین با توجه به خصوصیات فیزیکی بافت و رطوبت خاک تیمار شدت افزایشی نسبت به دو تیمار دیگر تاکنون نتایج بهتری به همراه داشت.

درصد آهک در تمام تیمارها افزایش معنی‌داری را در بازه زمانی سال ۹۵ تا ۹۹ نشان داده است؛ اما تیمار افزایشی و پس از آن تیمار کاهش‌ی بیشترین مقدار افزایش آهک را نشان داد که چنین به نظر می‌رسد درصد ترکیبات کم محلول مانند آهک، کمتر دچار آبشویی می‌شود و گاهی به دلیل از بین رفتن ذرات ریزبافت خاک (رس)، درصد نسبی آن در خاک افزوده می‌شود.

مقایسه pH خاک بین سال ۹۹ و ۹۵ نشان داد که مقدار اسیدیته خاک در تیمارهای تنک شده کاهش داشته؛ ولی در تیمار شاهد، تغییر معنی‌داری وجود نداشت. در این رابطه پژوهشی بر روی گونه *Cupressus lusitanica* توسط Yohanne (2019) انجام شده که

دارد. در مورد نیتروژن کل، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که

نتیجه‌گیری کلی اینکه عملیات تنک کردن بر برخی از شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در درازمدت تأثیر داشت و تنک کردن با شدت افزایشی نسبت به تنک کردن با شدت کاهشی و شاهد، کمترین تغییرات منفی در شاخص‌های مطلوب خاک جنگلی را به همراه داشت.

حذف تعداد زیادی جست و کاهش سطح تاج پوشش موجب افزایش تابش نور خورشید به سطح خاک و کاهش نیترات خاک شده است. مقدار نیتروژن در سایه تاج همیشه بیشتر از عرصه بازتر است که این نظریه با تحقیق (Holik et al. (2018) که بر اثرهای تنک کردن روی گونه راش اروپایی پژوهش کرده بود، همخوانی

Scandinavian Journal of Forest Research **2004**, 19 (4), 65-71.

Holik, L.; Rosikova, J.; Varanova, V., Effect of thinning on the amount of mineral nitrogen. *Forest Science* **2018**, 64 (7) 289-295.

Jahandar, O.; & Alidoust, E., Effects of fire on physical, chemical and biological properties of soil in Arasbaran forest in Kaleybar city. *Forest Research and Development* **2022**, 8(4), 425-438. (In Persian)

Jazerei, M.H.; Ebrahimi-Rastaghi, M., *Forestry of Zagros*, 1th ed.; Tehran: Tehran University Publications **2004**; p 560. (In Persian)

Karamian, M.; Hosseini, V., The effect of tree canopy and altitude on some chemical properties of forest soil (Case study: Tang Dalab Strait, Ilam Province). *Natural ecosystems of Iran* **2020**, 7 (1) 81-97. (In Persian)

Khodakarami, Y.; Pourhashemi, M.; Khanhasani, M.; Safari, H.; Pourreza, M.; Khodakarami, Y.; Pourhashemi, M., Effect of thinning on growth of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) sprout-clumps in Kermanshah. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2016**, 24 (1) 32-42. (In Persian)

Kjeldahl, J., *A New Method for the Determination of Nitrogen in Organic Matter*. *Zeitschrift für Analytische Chemie* **1883**, 22, 366-382.

Marvi Mohajer, M. R., *Forestry and forest breeding*. (5th ed) Tehran: Tehran University Press., **2020**, p 420. (In Persian)

Mehdifar, D.; Pourhashemi, M.; Karamian, R., Impact of thinning on quantitative characteristics of Brant's oak (*Quercus brantii* Lindl.) in Khorramabad Forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2014**, 22 (2) 358-367. (In Persian)

Olsen, S.R.; Sommers, L.E., Phosphorus. *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*; In: Page,

References

Allison, L.E. and Moodie, C.D. *Carbonate. C.A., Ed. Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties, Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, 1965*, 1379-1398.

Banj Shafiei, A.; Ashkavand, P.; Beygi Heidarlou, H., Assessing soil and some quantitative and qualitative characteristics of forest species in semi-protected and degraded regions of Marivan forests, Kurdistan province. *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources* **2014**, 3 (2), 81-98. (In Persian)

Cheng, X.; Yu, M.; and Geoff Wang, G., Effects of thinning on soil organic carbon fractions and soil properties in *Cunninghamia lanceolata* stands in eastern China. *Forests* **2017**, 8 (6) 198.

Dardipour, I.; Qadiri, H.; Hossein, J., The effect of salinity and sodium on erodibility, sediment transport and the quality of the resulting effluent in three different types of soil. *Agricultural Sciences and Natural Resources* **2006**, 14 (4), 41-52. (In Persian)

Gavlak, R.G.; Horneck, D.A, and Miller, R.O., *Soil, Plant and Water reference Methods for the western Region*, 3th ed.; WREP-125, **2005**; p207.

Ghanizadeh, M.; Hojjati, S. M.; Pourmajidian, M.; Tafazzoli M. Changes of some soil properties under the influence of the thinning cycle in the mass. Annual international congress of new findings in agricultural sciences, natural resources, environment and tourism, Tehran, February 15, **2020**. (In Persian)

Ghazanfari, H.; Namiranian, M.; Sobhani, H.; Mohajer, R. M., Traditional forest management and its application to encourage public participation for sustainable forest management in the northern Zagros mountains of Kurdistan province, Iran.

- A.L., Ed., American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, **1982**, pp 403-430.
- Pato, M.; Salehi, A.; Zahedi, Gh.; Banj Shafiei, A., Soil carbon stock and its relationship with physical and chemical characteristics in the soil of different land-uses in Zagros region. *Forest and Wood Products* **2016**, 69 (4) 747-756. (In Persian)
- Rasouli-Sedeghiani, M.; Karimi, S.; Khodaverdilo, H.; Berin, M.; Banj-Shafiei, A., The effect of changing the use of forest ecosystems on the physical, chemical and biological indicators of the soil. *Iranian Forest Magazine* **2016**, 8 (2) 167-178. (In Persian)
- Rhoades, J.D. Cation exchange capacity. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties (A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney), (Eds.) American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America. Inc. Madison, Wisconsin **1982**, pp: 149-157.
- Richards, L.A. Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils, Agriculture: Handbook No.60. US Department of Agriculture, Washington DC, **1954**, p 160.
- Rosseti, I.; Bagella, S.; Cappai, M.C.; Lai, R.; Roggero, P.P.; Martins Dasilva, P.; Sousan, J.P.; Querner, P., Isolated cork oak trees affect soil properties and biodiversity in the Mediterranean. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **2015**, 202, pp 203-216.
- Vatani, L.; Hosseini, S. M.; Alavi, S. J.; Raeini-Sarjaz, M.; Shamsi, S. S., Soil physico-chemical properties 20 years after plantation in the Iranian northern forests (Emphasizing on carbon and nitrogen stocks in plantation with broadleaved and coniferous species). *Forest Research and Development* **2021**, 7(1), 93-105. (In Persian)
- Walkley, A.J.; Black, I.A., Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Scientific* **1934**, 37 (1), 29-38.
- Yohannes, Y., Effect of thinning on biophysical soil properties of Cupressus lusitanica stand in Munessa forest, Ethiopia. *Ethiopian Journal of Science and Technology* **2019**, 12 (3) 233-248.
- Zarafshar, M.; Iranmanesh, Y.; Pourhashemi, M.; Bordbar, S. K.; Negahdarsaber, M.; Rousta, M. J.; Enayati, K.; Abbasi, A., The impact of wild pear (*Pyrus syriaca* and *Pyrus glabra*) stand management on carbon storage of soil and litters and some soil characteristics (case study: Dehkohne forest of Sepidan, Fars Province). *Forest Research and Development* **2021**, 7(2), 313-325. (In Persian)
- Zarinkafsh, M., *Forest soils, introduction of soil and plants*. Tehran: Research Institute of forests and rangelands, **2002**, p 361. (In Persian)

Changes of some soil components under the influence of thinning intensity in Marivan forests

Behrouz Fani¹, Abbas Banj Shafiei^{*2}, Mehdi Porhashmi³ and Maziar Heydari⁴

1 Ph.D. Student of Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia. I. R. Iran. (zanafani@gmail.com)

2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (a.banjshafiei@urmia.ac.ir)

3- Professor, Forestry and Rangeland Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I. R. Iran. (pourhashemi@rifr-ac.ir)

4-Assistant Professor, Forests and Rangelands Research Department, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, I. R. Iran. (m.haidari@areeo.ac.ir)

Received: 15 July 2023

Accepted: 03 September 2023

Extended abstract

Background and objectives: Human interventions and intense exploitation of the Zagros forests have led to a loss of their natural stability, transforming them into sensitive ecosystems. Severe degradation of vegetation and soil erosion are among the outcomes of these conditions. Branching forests reduce soil fertility due to higher mineral consumption and, at high densities, cannot adequately support the growth substrate. Thinning can improve conditions and reduce competition among trees. Forest management has both direct and indirect impacts on soil physical and chemical properties. This study aims to examine the impact of thinning on soil properties in the northern Zagros oak forests and evaluate its effects on the management of branching oak forests. Assessing the impact of forestry operations on ecosystem services addresses part of the scientific needs for sustainable forest management.

Methodology: This research investigated the effects of different thinning intensities on soil properties in a pure, young branching oak stand (*Quercus brantii*) in the Rikhilan Marivan forests, a representative of the degraded Zagros forests. The study was conducted using a randomized complete block design with three thinning levels (increasing, decreasing, control) over two four-year phases, spanning eight years. Soil samples (36 per phase) were collected from the 0-15 cm depth and analyzed for physical and chemical properties. Two-way ANOVA (GLM) and paired t-tests were used to analyze the effects of thinning, and multivariate methods were applied to assess correlations between variables.

Results: The effects of thinning on physical soil properties showed no significant differences in sand, silt, clay, and soil moisture between treatments in 1395. However, after eight years, significant differences in sand and soil moisture were observed. The increasing thinning treatment had the least negative changes in soil properties compared to the decreasing and control treatments. In terms of chemical elements, there were no significant differences in 1395, but after eight years, the increasing thinning treatment showed the best results for total nitrogen, sodium, lime, potassium, and available phosphorus. The control treatment reduced surface soil moisture, while the decreasing treatment, due to reduced canopy cover, also decreased soil moisture. Clay content decreased in thinning treatments and slightly increased in the control. Generally, increasing thinning showed the best results in terms of physical properties and soil moisture. For chemical factors, it appears that less soluble compounds like lime are less leached, and the relative percentage of clay may increase due to the loss of fine soil particles. Although lime content increased in all treatments, the pH did not increase as expected due to soil buffering properties, and there was a slight decrease in pH over the years. Sodium's detrimental effects on soil structure are more pronounced at higher pH levels, suggesting that thinning positively affects soil improvement and fertility. Regarding total nitrogen, removing many shoots and reducing canopy cover increased sunlight on the soil surface, reducing soil nitrate levels.

* Corresponding author

Tel: +984432770555

Conclusion: Thinning had long-term effects on certain physical and chemical soil indices. Increasing thinning intensity resulted in the least negative changes in desirable forest soil indices compared to decreasing thinning and control treatments.

Keywords: *Quercus brantii* lindl., North Zagros, Soil characteristics, Sprout-Clumps, Thinning.

بررسی تأثیر روش‌های مختلف تصحیح اتمسفری در برآورد زی توده جنگل با استفاده از شاخص‌های گیاهی

اسماعیل مرادی امام‌قیسی*^۱ و امیراسلام بنیاد^۲

۱- دانشجوی دکتری مدیریت جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (ismaeil.moradi@yahoo.com)

۲- استاد، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران. (bonyad@guilan.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱

چکیده

مقدمه و هدف: بازتاب سطح زمین به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر شرایط جوی مانند بخار آب و ذرات معلق در هوا است. به ویژه، اثرات جذب و پراکندگی زمانی قوی‌تر می‌شوند که ویژگی‌های هدف، اجسام غیر درخشان مانند مناطق آبی یا پوشش گیاهی باشند؛ بنابراین به عنوان رویکرد سنجش از دور، تصحیح اتمسفر برای به حداقل رساندن این اثرات و تبدیل مقادیر عدد رقومی به بازتاب سطحی مورد نیاز است. این پژوهش با هدف بررسی چهار مدل تصحیح اتمسفریک، شامل (۱) تفریق شی تیره (DOS)، (۲) تحلیل اتمسفری خط دید سریع ابرمکعب‌های طیفی (FLAASH)، (۳) شبیه‌سازی دوم سیگنال ماهواره‌ای در طیف خورشیدی (6SV)، (۴) مدل تصحیح توپوگرافی اتمسفر (ATCOR) و مقایسه آنها با تصویر اصلی سنجنده OLI برای تخمین مقدار زی توده روی زمینی (AGB) جنگل سری ۱۱ آواردیم حوزه نه شفارود استان گیلان انجام شد تا اثربخشی روش‌های تصحیح اتمسفریک برای ماهواره Landsat ۸ بررسی شود.

مواد و روش‌ها: برای برآورد زی توده، تعداد ۲۶۶ قطعه نمونه ۳۶۰۰ مترمربعی با ابعاد شبکه ۳۰۰ × ۳۰۰ متر به صورت منظم تصادفی در عرصه پیاده شد. برای نمونه برداری و پیدا کردن قطعات نمونه از دستگاه GPS دستی (مدل Garmin GPS MAP 64s با دقت ± 3 متر) استفاده شد و برای این کار قبل از شروع آماربرداری طول و عرض جغرافیایی نقاط (قطعات نمونه) را وارد دستگاه GPS کرده و سپس با استفاده از دستگاه فوق قطعات نمونه در عرصه مشخص و مشخصه‌های قطر برابر سینه، ارتفاع درختان و درختچه‌های موجود (قطر بیش از ۷/۵ سانتی‌متر) اندازه‌گیری و سپس در فرم‌های مربوطه ثبت شد. تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ از سایت جهانی USGS استخراج شد. انتخاب تصاویر با توجه به فصل، میزان حداقل پوشش آبری و همچنین در فصل رویش نزدیکی به زمان حداکثر سبزی‌نگی انجام شد. این تصاویر در سطح LIT ارائه شده و با نقشه‌های رقومی کاملاً انطباق دارد. در این تحقیق از ۷ باند سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به گذر/ردیف شماره ۱۶۶/۳۴ استفاده شده است. ماهواره ترا قبل از عبور ماهواره لندست ۸ بر فراز

ایران با اختلاف زمانی حدود نیم ساعت به وقت محلی تهیه تصویر می‌نماید. با توجه به پایدار بودن شرایط اتمسفر در این اختلاف زمانی کم امکان استفاده از اطلاعات MODIS هم گام با لندست ۸ وجود دارد. همچنین در این پژوهش از سه محصول روزانه MODIS برای هر یک از تصاویر لندست ۸ با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر، شامل: MOD04 (ضخامت نوری ذرات معلق در محدوده ۵۵۰ میکرومتر)، MOD05 (بخار آب) و MOD07 (ازن کل)، استفاده شد. DEM حاصل از ASTER با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر از سایت جهانی USGS دریافت شد. از مدل DEM به‌طور مستقیم در روش تصحیح اتمسفری ۶SV استفاده گردید. همچنین برای روش تصحیح اثر اتمسفر ATCOR مدل DEM جهت تهیه نقشه شیب، جهت، دید آسمان مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مدل تصحیح اتمسفریک بر مبنای کد انتقال تابشی ۶SV در بیشتر شاخص‌های گیاهی حاصله از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ عملکرد مطلوبی داشته است. بالاترین نتایج آنالیز همبستگی را شاخص ARVI حاصل از مدل تصحیح اتمسفری ۶SV با ضریب همبستگی ۰/۸۰۱ به خود اختصاص داده است. همچنین در حالت استفاده از روش FLAASH بیشترین و کمترین میزان همبستگی را به ترتیب شاخص‌های ARVI (۰/۷۷۹) و RVI (۰/۵۸۶) به خود اختصاص داده‌اند. در روش تصحیح اتمسفریک DOS یا شیء تیره بیشترین و کمترین میزان همبستگی به ترتیب مربوط به شاخص‌های GARI (۰/۷۶۲) و EVI (۰/۵۱۸) است و در آخر در روش ATCOR بیشترین و کمترین میزان همبستگی به ترتیب مربوط به شاخص‌های NDVI (۰/۷۳۲) و GNDVI (۰/۴۵۴) است. به‌طور کلی، در برآورد مقدار زی توده جنگل، مدل تصحیح اتمسفریک ۶SV با کمترین درصد RMSE (۱۵/۰۴ درصد) بهترین عملکرد را نشان داد و پس از آن مدل‌های ATCOR، FLAASH و DOS بیشترین دقت را داشتند.

نتیجه‌گیری کلی: برآورد و پایش میزان بیوماس روی زمینی برای مطالعات تغییر اقلیم، تولید چرخه کربن، تخصیص مواد غذایی و انباشت سوخت، مطالعات رفتار آتش و ... در اکوسیستم ضروری است. همچنین اعمال تصحیحات اتمسفری بر روی باندهای اصلی تصاویر در فرایند پیش‌پردازش قبل از طبقه‌بندی و استخراج شاخص‌های گیاهی جهت رفع اثرات ناخواسته اتمسفر امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است و سبب بهبود صحت نتایج می‌شود. از نتایج به‌دست آمده در پژوهش حاضر می‌توان پیشنهاد کرد که مدل تصحیح اتمسفریک ۶SV، با ادغام بخار آب و عمق نوری آئروسول حاصل از محصولات MODIS، برای تخمین زی توده روی زمینی بر اساس داده‌های سنجنش‌ازدور مناسب‌تر است، به‌ویژه هنگام استفاده از داده‌هایی که در تابستان به‌دست می‌آیند، زمانی که بخار آب و دما هر دو بالا است و تاج پوشش جنگل در توسعه کامل است. در نهایت، پیشنهاد می‌شود که از مدل تصحیح اتمسفریک ۶SV برای برآورد زی توده روی زمینی جنگل مورد بررسی بر اساس داده‌های سنجنش‌ازدور استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: اتمسفر، زیست توده، لندست ۸، طبقه‌بندی، ۶SV.

روش‌های تصحیح اتمسفریک در دهه‌های اخیر توسعه داده شده است (Roy et al., 2014). به‌طور کلی، این روش‌ها به دو دسته کلی و مدل‌های فیزیکی تقسیم می‌شوند. روش‌های کلی از اطلاعات خود تصویر در تصحیح استفاده می‌کند و روش‌های فیزیکی بر مبنای مدل انتقال تابشی اتمسفر عمل می‌نمایند (Canty, 2008). تصاویر حاصل از سنجنده تصویربردار عملیاتی (Operation Land Imager (OLI)) ماهواره لندست ۸ از جنبه کالیبراسیون، نسبت سیگنال به نویز، قدرت تفکیک طیفی و طول موج‌های طیفی باریک‌تر نسبت به نسل پیشین پیشرفت زیادی کرده است (Roy et al., 2014)، اما در محاسبه بخار آب، ازن و عوامل مؤثر در جذب و پخش اتمسفر ضعیف عمل کرده است (Hu et al., 2014). برای حل این مشکل، امکان استفاده هم‌زمان از اطلاعات اتمسفری تهیه‌شده از طریق سنجنده MODIS ماهواره ترا به دلیل اختلاف زمانی محدودی که با لندست ۸ دارند؛ فراهم شده است. زی‌توده، شاخص مهمی در ارزیابی مقدار استفاده تجاری از جنگل‌ها و مراتع محسوب می‌شود؛ بنابراین، تخمین ذخایر زی‌توده جنگلی علاوه بر کاهش انتشار آلاینده‌های جنگل‌زدایی و تخریب جنگل‌ها، در مدیریت پایدار جنگل نیز نقش بسزایی دارد (Pan et al., 2013). جنگل‌ها مقدار زیادی کربن را ذخیره می‌کنند و نقش مهمی در سامانه جهانی آب‌وهوا دارند (Pan et al., 2013). نمونه‌برداری زمینی برای برآورد مقدار زی‌توده در مقیاس‌های بزرگ به‌صرفه نیست و تنها برای اطمینان از دقت و صحت برآورد مقدار زی‌توده به کمک استفاده از روش‌های سنجش‌ازدوری به‌صورت محدود انجام می‌پذیرد. محدودیت‌های اندازه‌گیری‌های زمینی در برآورد مقدار زی‌توده موجب افزایش تمایل به استفاده از سنجش‌ازدور برای حل این مسئله شده است. Lohrabi et al. (2018) قابلیت تصاویر سنجنده OLI

تصاویر ماهواره‌ای امکان پایش پوشش زمین در مقیاس‌های مختلف را فراهم کرده است. تصویربرداری به‌صورت مکرر از سطح زمین با قدرت تفکیک مکانی مختلف توسط ماهواره‌ها، محاسبه پوشش زمین در مقیاس وسیع را ممکن کرده است (Feng et al., 2013; Roy et al., 2014). بازتاب سطحی تصاویر ماهواره‌ای با هندسه دید سنجنده، انعکاس پدیده‌های مجاور و شرایط اتمسفر در زمان تصویربرداری تغییر می‌یابد (Mask et al., 2006). بسته به شرایط اتمسفر، استفاده از بازتاب سطحی چندان دقیق نیست. به دلیل وجود نویز، سایه و اطلاعات ناخواسته بر روی تصاویر لندست، انعکاس پدیده‌های ثبت‌شده در بعضی موارد واقعی نیستند. برای رفع این اطلاعات ناخواسته در حین ثبت مستقیم انعکاس بر روی سنجنده در ماهواره‌های سری لندست اقدام مؤثری انجام نشده است (Mask et al., 2006)؛ بنابراین انعکاس پدیده، مشاهدات قوی‌تری را از شرایط مختلف سطح زمین فراهم می‌آورد. در این شرایط اعداد رقومی ثبت‌شده، نشان‌دهنده انعکاس واقعی پدیده‌های مختلف سطح زمین نیستند. با اعمال ضرایب کالیبراسیون دقیق بر روی تصاویر، امکان تبدیل اعداد رقومی به مقادیر انعکاس بالای اتمسفر (Top of Atmospher (TOA)) وجود دارد (Chander et al., 2009). به دلیل اثرات پخش و جذب اتمسفر بر روی انرژی ثبت‌شده، مقادیر TOA، با انعکاس واقعی پدیده‌های سطح زمین اختلاف دارد (Roy et al., 2010)؛ بنابراین انتخاب مدل تصحیح اتمسفریک کارآمد و معقول برای پردازش و استخراج اطلاعات مفید از تصاویر ضروری است (Hu et al., 2014). اعمال تصحیحات اتمسفریک قبل از محاسبه شاخص‌های گیاهی امری ضروری و کارآمد است.

۳۱/۴۵ کیلوگرم و مقدار سطح برگ را ۰/۸۶۸ مترمربع در هکتار برآورد کردند. در پژوهشی Nguyen et al. (2015) سه روش تصحیح اتمسفری متداول را در بهبود برآورد زی توده جنگل‌های Gongju و Sejong واقع در کره جنوبی با استفاده از تصاویر سنجنده ETM+ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که مدل تصحیح اتمسفریک SV6 (Second Vector Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum) برتر از دیگر مدل‌هاست. Muchsin et al. (2019) در پژوهشی به مقایسه دو روش تصحیح جوی SV6 و FLAASH (Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercube) تأثیر آنها را بر پوشش گیاهی در شالیزارهای منطقه Subang پرداختند. نتایج تجزیه و تحلیل انجام شده بر روی پاسخ طیفی تصویر تصحیح شده اتمسفر نشان داد که مدل SV6 دقت بهتری برای پاسخ طیفی از فاز رشد برنج در مقایسه با مدل FLAASH دارد. Nuorodini et al. (2017) در پژوهشی روش‌های تصحیح اتمسفریک SV6 و FLAASH (Dark Object Subtraction) را در برآورد مقدار تراکم تاج پوشش جنگل‌های هیرکانی مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل SV6 کارایی بالاتری نسبت به سایر روش‌ها در برآورد مقدار تراکم تاج پوشش جنگل دارد.

هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر روش‌های تصحیح اتمسفریک بر داده‌های سنجنده OLI لندست ۸ در برآورد مقدار زی توده روی زمینی جنگل‌های شفارود است. برای دستیابی به این هدف، ابتدا شاخص‌های گیاهی از تصاویر حاصل از اعمال مدل‌های تصحیح اتمسفریک SV6، FLAASH، ATCOR (Atmospheric correction) و تصاویر اصلی بدون اعمال تصحیح تهیه شده و سپس با مدل‌های رگرسیون خطی و غیرخطی ارزیابی و اعتبارسنجی انجام

ماهواره لندست ۸ را در تهیه نقشه تیپ جنگل‌های زاگرس مرکزی (ذخیره‌گاه چارطاق اردل) را ارزیابی کردند. نتایج ارزیابی آنها نشان داد تصاویر این سنجنده با توجه به تنوع زیاد گونه‌های گیاهی منطقه، قابلیت متوسطی برای تهیه نقشه تیپ جنگل را دارند. Agapiou et al. (2011) در پژوهشی تأثیر مدل‌های تصحیح اتمسفریک را در برآورد زی توده پوشش گیاهی در رویشگاه‌های Palaepaphos و Nea Paphos قبرس مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آنها نشان داد که اعمال نکردن این تصحیحات، به خصوص زمانی که از شاخص‌های گیاهی برای برآورد استفاده می‌شود، سبب دقت پایین در محاسبه زی توده می‌شود. Soleimannejad et al. (2019) در پژوهشی مشخصه‌های کمی جنگل‌های زاگرس را با استفاده از تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست مورد طبقه‌بندی قرار دادند. نتایج بررسی آنها نشان داد دقیق‌ترین طبقه‌بندی برای مشخصه‌های تاج پوشش (صحت کلی ۸۳ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۳) و سپس برای سطح مقطع (صحت کلی ۷۸ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۲) و تراکم (صحت کلی ۶۹ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۵) انجام گرفت. Ronoud et al. (2018) قابلیت سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ را برای برآورد زی توده چوبی توده‌های خالص راش در جنگل‌های خیرود ارزیابی کردند. نتایج آنها نشان داد که بیشترین ضریب همبستگی روی زمینی با مؤلفه اول حاصل از تحلیل مؤلفه اصلی روی باندهای یک تا هفت لندست ۸ به مقدار $r = 0.377$ به دست آمد. Khalili Ardali et al. (2019) به بررسی زی توده، کربن ترسیب یافته و سطح برگ گونه کیکم (*Acer monspessulanum*) در جنگل‌های زاگرس میانی پرداختند. نتایج بررسی آنها نشان داد که میانگین زی توده، ترسیب کربن و متوسط مقدار جذب دی-اکسید کربن از جو در هکتار به ترتیب ۸/۱۷، ۸/۵۷ و

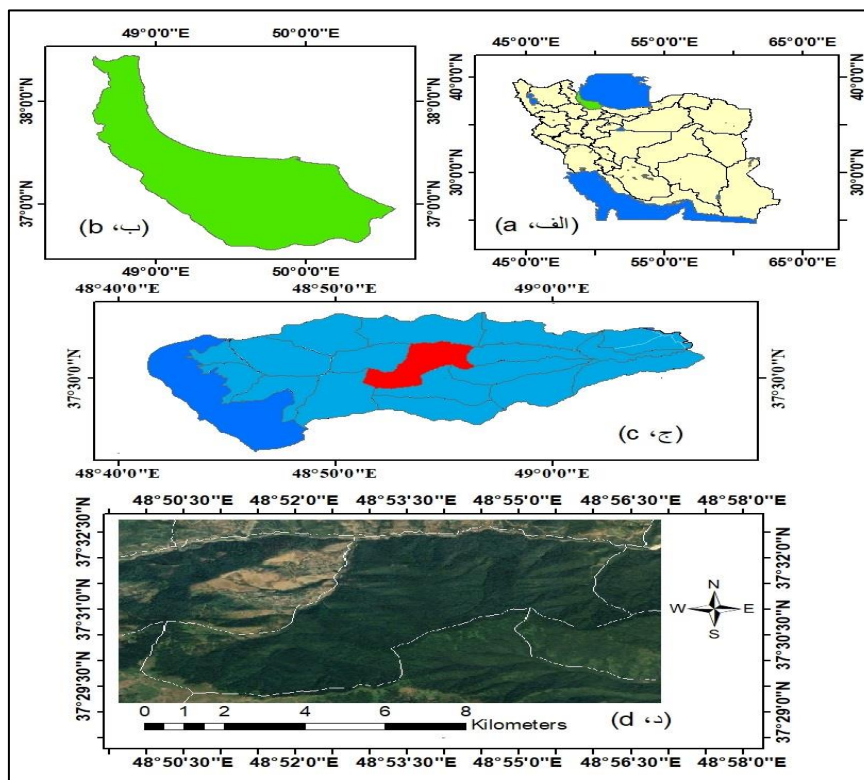
شد. این رویکرد می‌تواند با فراهم آوردن یک مبنای علمی برای برآورد زی توده جنگل برای منطقه مورد بررسی لحاظ شود و همچنین یک رویکرد معتبر را ایجاد کند که می‌تواند برای نقشه برداری و نظارت بر ذخیره کربن منطقه مورد بررسی، مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

جنگل‌های سری ۱۱ آواردیم حوزه شفارود استان گیلان بین طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۱ دقیقه و ۱۵ ثانیه تا ۴۸ درجه و ۵۶ دقیقه و ۲۵ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه و ۱۶ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه واقع شده است (شکل ۱). مساحت کل این سری معادل ۲۲۲۷ هکتار است که از مساحت فوق

۱۴۹۳ هکتار قابل بهره‌برداری و ۱۲۶ هکتار مناطق بدون پوشش جنگل و ۲۱ هکتار مناطق زراعی و متصرفات و ۵۰۶/۹۷ هکتار مناطق حفاظتی و ۱۹ هکتار جنگلکاری سنواتی موجود و ۶۱/۰۳ هکتار مساحت جاده‌های موجود است. سری مورد بررسی در ارتفاع ۵۰۰ الی ۱۷۰۰ متر و بیشتر سطح سری در ارتفاع ۱۱۰۰ متر واقع شده است و جزء سری‌های میان‌بند و کوهستانی محسوب می‌شود. بیشترین و کمترین میانگین بارندگی به ترتیب مربوط به ماه‌های مهر (۲۶۱/۴ میلی‌متر) و خرداد (۵۴/۵ میلی‌متر) است. تیپ غالب سری گونه راش و از نظر ساختار سنی میانسال تا کهنسال با تک-پایه‌های جوان و با کیفیت خوب تا متوسط و تجدید حیات متوسط تا خوب است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد بررسی: الف) ایران، ب) استان گیلان، ج) حوزه آبخیز شفارود، د) سری ۱۱ آواردیم

Figure 1. Location of study area: a) Iran, b) Gilan province, c) Shafarood watershed, d) Series 11 of Avardim

داده‌های مورد استفاده

لندست ۸

در این پژوهش تصاویر با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر مربوط به تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۲۸ از آرشیو ماهواره لندست ۸ از سایت <https://earthexplorer.usgs.gov> دریافت شد. انتخاب تصاویر با توجه به فصل، مقدار کمینه پوشش ابری و همچنین در فصل رویش نزدیکی به زمان بیشینه سبزی‌نگی (فصل تابستان) انجام شد. این تصاویر در سطح LIT ارائه شده و با نقشه‌های رقومی کاملاً انطباق دارد. در این تحقیق، از ۷ باند سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به گذر/ردیف شماره ۱۶۶/۳۴ استفاده شد.

محصولات اتمسفری MODIS

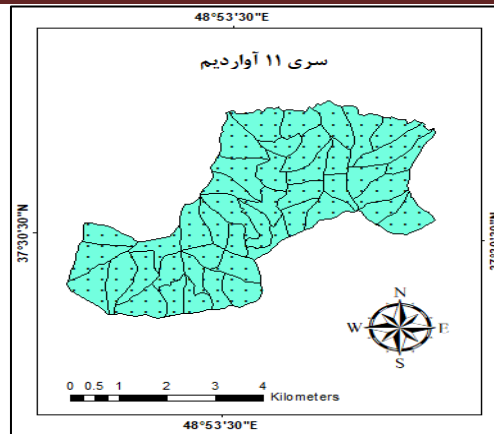
محصولات اتمسفری MODIS، تابش سنج طیفی برای تصویربرداری با کیفیت متوسط بوده که اطلاعات را در ۳۶ باند طیفی در طول موج‌های ۰/۴ تا ۱۴/۴ میکرون جمع‌آوری می‌کند. تصاویر این ماهواره هر دو روز یک بار کل زمین را در مدار خورشید آهنگ پوشش می‌دهد. ماهواره ترا قبل از عبور ماهواره لندست ۸ بر فراز ایران با اختلاف زمانی حدود نیم ساعت به وقت محلی تصویربرداری می‌کند. با توجه به پایدار بودن شرایط اتمسفر در این اختلاف زمانی کم امکان استفاده از اطلاعات MODIS هم گام با لندست ۸ وجود دارد. در این تحقیق از سه محصول روزانه MODIS مربوط به تاریخ ۱۴۰۰/۰۵/۲۸ برای هر یک از تصاویر لندست ۸ با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر، شامل: MOD۰۴ (ضخامت نوری ذرات معلق در محدوده ۵۵۰ میکرومتر)، MOD۰۵ (بخار آب) و MOD۰۷ (ازن کل) است (Menzel et al., 2002; King et al., 1997) استفاده شد.

مدل رقومی ارتفاع (Digital Elevation Model (DEM))

DEM یکی از شاخص‌های ورودی به روش‌های تصحیح اتمسفر SV6 و ATCOR است. DEM حاصل از تصاویر سنجنده ASTER با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر از سایت سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده به آدرس <https://earthexplorer.usgs.gov> دریافت شد.

روش تحقیق

نمونه‌برداری از جنگل‌های سری ۱۱ (آواردیم) حوزه شفارود گیلان به روش منظم تصادفی با ابعاد شبکه ۳۰۰×۳۰۰ متر با قطعات نمونه مربعی شکل به مساحت ۳۶۰۰ مترمربع (۶۰×۶۰) در تابستان سال ۱۴۰۰ انجام شد. برای آماربرداری و پیدا کردن قطعات نمونه از دستگاه GPS دستی (مدل Garmin GPSMAP 64s با دقت ±۳ متر) استفاده شد و برای این کار، قبل از شروع آماربرداری طول و عرض جغرافیایی مراکز نقاط (کلیه قطعات نمونه) را وارد دستگاه GPS کرده و سپس با استفاده از دستگاه فوق، مراکز قطعات نمونه در عرصه مشخص شد و در مجموع تعداد ۲۴۶ قطعه نمونه در عرصه پیاده شد. در هر قطعه نمونه مشخصه‌های قطر برابرسینه تمامی درختان (ارتفاع ۱/۳۰ متر) و درختچه‌های با قطر بیش از ۷/۵ سانتی‌متر با نوار قطرسنج و همچنین ارتفاع درختان با دستگاه سوننتو اندازه‌گیری و سپس در فرم‌های آماربرداری ثبت شد (شکل ۲).



شکل ۲- شبکه آماربرداری با ابعاد ۳۰۰ × ۳۰۰ متر مورد استفاده براساس روش منظم تصادفی

Figure 2. Used inventory grid with 300×300 m dimensions based on systematic random method

شاخص‌های پوشش گیاهی
انتخاب شاخص‌های گیاهی متناسب با منطقه از اهمیت
بالایی برخوردار است. در این پژوهش برای برآورد
زی توده جنگل از شاخص‌های مختلفی استفاده شد
(جدول ۱).

جدول ۱- شاخص‌های گیاهی مورد استفاده در منطقه مورد بررسی

Table 1. Used vegetation indices in the study area

شاخص Index	رابطه Relation	منبع Source
Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI)	$ARVI = \frac{R_{NIR} - R_{RB}}{R_{NIR} + R_{RB}}$	(Kaufman et al., 1992)
Different Vegetation Index (DVI)	$DVI = R_{NIR} - R_{RED}$	Richardson and) (Wiegand., 1997
Enhanced Vegetation Index (EVI)	$EVI = 2.5 \times \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + (6 \times R_{RED} - 7.5 \times R_{BLUE})}$	(Huete et al., 2002)
Green Atmospherically Resistant Vegetation Index (GARVI)	$GARVI = \frac{R_{NIR} - [R_G - \lambda(R_B - R_{RED})]}{R_{NIR} + [R_G - \lambda(R_B - R_{RED})]}$	(Gitelson et al., 1996)
Green Normalized Different Vegetation Index (GNDVI)	$GNDVI = \frac{R_{NIR} - R_G}{R_{NIR} + R_G}$	(Gitelson et al., 1996)
Infrared Percentage Vegetation Index (IPVI)	$IPVI = \frac{R_{NIR}}{R_{NIR} + R_{RED}}$	(Crippen., 1990)
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	(Rouse et al., 1974)
Optimized Soil Adjusted Vegetation Index (OSAVI)	$OSAVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED} + 0.16}$	et al., 1996) (Rondeaux
Ratio Vegetation Index (RVI)	$RVI = \frac{NIR}{R}$	(Jordan, 1969)
Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	$SAVI = \frac{NIR - RED}{(NIR + RED + L)} \times (1 + L)$	(Huete, 1988)

در جدول R_B , R_G , R_{RED} و R_{NIR} به ترتیب بیانگر انعکاس باند آبی، سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک است.

In table R_B , R_G , R_{RED} and R_{NIR} represent blue, green, red and near infrared band reflectance respectively.

برآورد زی توده روی زمینی درختان با استفاده از معادلات آلومتریک

در این پژوهش، از رابطه ۱ برای گونه‌های درختی و از رابطه ۲ برای گونه‌های درختچه‌ای (Vahedi, 2016; Ali et al., 2015; Sharifi et al., 2013) استفاده شد. ابتدا زی توده روی زمینی برحسب کیلوگرم بر مترمکعب برای هر یک از گونه‌های درختی و درختچه‌ای محاسبه شد و سپس زی توده روی زمینی در هر قطعه نمونه برحسب کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد و در آخر زی توده روی زمینی برحسب مگاگرم در هکتار در سطح جامعه آماری محاسبه شد.

$$AGB = 1.04 \times \exp\{-4.48 + 1.11 \times \ln(D^2 \times \rho) + 1.27 \times \ln(H)\} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$AGB = 1.00 \times \exp\{-5.57 + 1.89 \ln(D) + 1.16 \ln(H) + 2.72 \times \rho\} \quad \text{رابطه ۲}$$

در این روابط قطر برابر سینه (DBH) به سانتی متر مربع، ارتفاع درختان (H) به متر و دانسیته بحرانی چوب (ρ) برحسب گرم بر سانتی متر مکعب است.

روش‌های تصحیح اتمسفر

روش تصحیح DOS یک روش تجربی برای تصحیح اتمسفر است. بر اساس رابطه ۳، بازتاب به وسیله کسر مقادیر شیء تیره از تمامی پیکسل‌ها در تمامی باندها تهیه می‌شود.

$$\rho_h = \frac{(l_{sen,\lambda} - l_{haze,h})d^2 \cdot \pi}{E_{\lambda} \cdot \cos\theta_i} \quad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه $l_{sen,\lambda}$ بازتاب سطحی ثبت شده سنجنده، $l_{haze,h}$ بازتاب سطحی اشیاء تیره برای هر باند، d^2 توان دوم فاصله زمین تا سنجنده و θ_i زاویه برخورد است. روش تصحیح اتمسفریک FLAASH برای حداقل کردن اثرات اتمسفر بر روی داده‌های چند طیفی OLI استفاده شده است. این روش نیازمند کد انتقال تابشی MODTRAN4 و شاخص‌های ورودی مانند نوع سنجنده، زمان پرواز، ارتفاع سنجنده، نوع مدل

تصحیح ذرات معلق، مدل اتمسفری و موقعیت جغرافیایی مرکز تصویر است. کد تصحیح SV6 به طور رایگان در سایت <http://6s.ltdri.org/> قابل دسترس است. در این بررسی، روش تصحیح اتمسفری به طور مستقیم با مدل SV6 انجام شد. ابتدا تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ با استفاده از کالیبراسیون اعداد خاکستری و اعمال ضرایب اریب به بازتاب سطحی تبدیل شدند. در ادامه بازتاب بالای اتمسفری (TOA) از طریق رابطه ۴ محاسبه شد.

$$TOA = \pi d^2 \times RAD / (ESUN \times \cos\theta) \quad \text{رابطه ۴}$$

در این معادله d فاصله زمین-خورشید، RAD

بازتاب سطحی تصویر لندست ۵ (w.m-2.μm-1) و θ زاویه زنیت خورشید است. روش ATCOR، روش تصحیح اتمسفر و اعوجاجات زمینی تصویر است. این روش تصاویر بالای اتمسفر فاقد گردوغبار، ماسک ابر، ماسک غبار، ماسک آب، DEM، جهت، شیب، دید آسمان، سایه و نوردهی را دریافت و انعکاس زمینی تصحیح شده با اعمال کد MODTRAN را پدید می‌آورد.

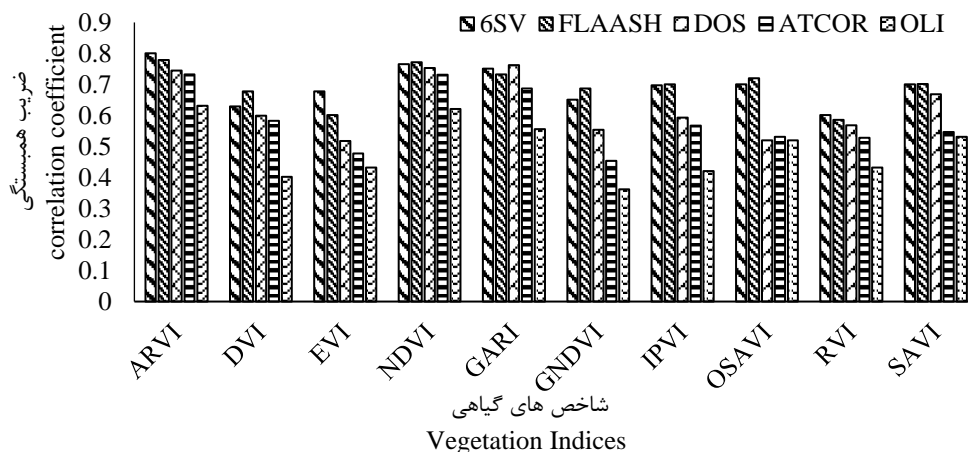
تحلیل آماری و اعتبارسنجی متقابل

با استفاده از داده‌های مرجع روی ۱۰ شاخص پوشش گیاهی که تصحیحات اتمسفریک SV6، FLAASH، ATCOR، DOS شده‌اند، مدل‌سازی انجام شد. همچنین از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی همبستگی دو متغیر زی توده روی زمینی روی اطلاعات مرجع و میانگین اعداد رقومی شاخص‌های گوناگون استفاده شد. مدل‌های رگرسیون خطی و غیرخطی (نمایی، لگاریتمی و توانی) برای برآورد مقدار زی توده روی زمینی تشکیل شد. در این مدل‌ها، داده‌های مربوط به زی توده روی زمینی به عنوان متغیر وابسته و میانگین اعداد رقومی به دست آمده از شاخص‌های پوشش گیاهی به عنوان متغیر مستقل در مدل قرار گرفتند. در نهایت،

نتایج

نتایج آنالیز آماری ضریب همبستگی (پیرسون) مربوط به شاخص‌های گیاهی حاصل از مدل‌های ATCOR، FLAASH، SV6، DOS و مدل اصلی (OLI) در شکل ۳ آمده است. هر ۱۰ شاخص مورد بررسی همبستگی معنی‌داری با مقدار زی توده روی زمینی جنگل دارند؛ به طوری که بیشترین ضریب همبستگی را شاخص گیاهی ARVI (۰/۸۰۱) و کمترین ضریب همبستگی را شاخص RVI (۰/۶۰۱) نشان داد.

مناسب‌ترین مدل در سطح احتمال ۹۵ درصد با در نظر گرفتن درصد ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE %) معرفی شد. همچنین برای اعتبار سنجی نتایج داده‌های مرجع به دو گروه تقسیم شد. ۱۹۷ نمونه (۸۰ درصد) برای مدل‌سازی و ۴۹ نمونه (۲۰ درصد) برای ارزیابی و اعتبار سنجی مدل‌ها استفاده شد. در مراحل انجام این پژوهش، شامل تهیه نقشه‌های پایه، تصحیح و پردازش - های اولیه داده‌ها، پردازش نهایی تحت عملیات طبقه - بندی و تهیه خروجی‌ها از نرم‌افزارهای ENVI 5.6، PCI Geomatica 2020، ArcGIS 10.8، SPSS v26، Excel 2019 و IDL8.5 و ArcBrutle7 استفاده شد.



شکل ۴- نمودار ضریب همبستگی شاخص‌های گیاهی با استفاده از مدل‌های مختلف اتمسفریک

Figure 4. Correlation coefficient histogram of vegetation indices using different atmospheric models

کمترین مقدار همبستگی را به ترتیب شاخص‌های ARVI (۰/۷۷۹) و RVI (۰/۵۸۶) به خود اختصاص داده‌اند. در روش تصحیح اتمسفریک DOS یا شیء تیره بیشترین و کمترین مقدار همبستگی به ترتیب مربوط به شاخص‌های GARI (۰/۷۶۲) و EVI (۰/۵۱۸) است و در آخر در روش ATCOR بیشترین و کمترین مقدار همبستگی به ترتیب مربوط به شاخص‌های NDVI (۰/۷۳۲) و GNDVI (۰/۴۵۴) است. به طور کلی نتایج

به طور کلی نتایج نشان داد که مدل تصحیح اتمسفریک بر مبنای کد انتقال تابشی SV6 در بیشتر شاخص‌های گیاهی به دست آمده از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ عملکرد مطلوبی داشته است. بالاترین نتایج آنالیز همبستگی را شاخص ARVI حاصل از مدل تصحیح اتمسفری SV6 با ضریب همبستگی ۰/۸۰۱ به خود اختصاص داده است. همچنین در حالت استفاده از روش FLAASH بیشترین و

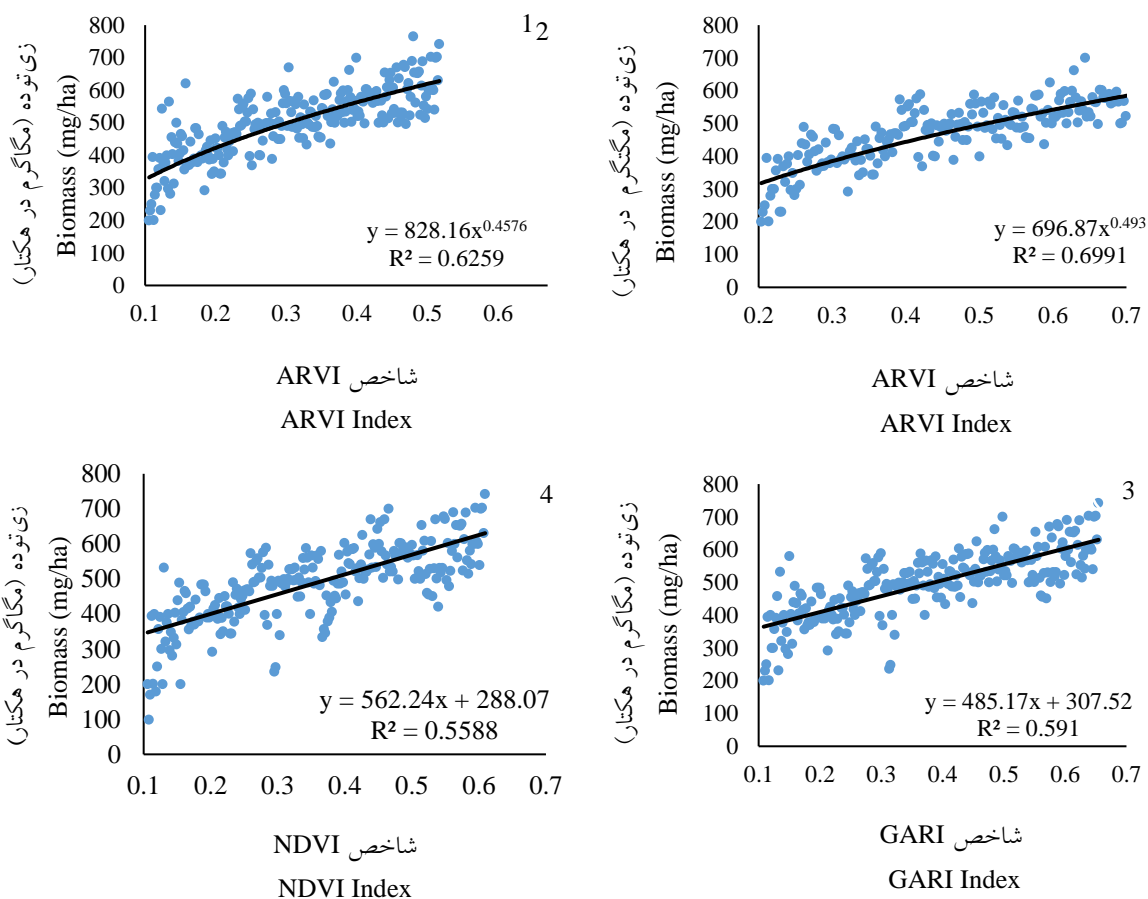
به‌عنوان متغیر مستقل و داده‌های مقدار زی‌توده روی زمینی در عرصه به‌عنوان متغیر وابسته به مدل معرفی شده است. همچنین ضریب تبیین (R^2) و درصد ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE%) معادلات رگرسیونی محاسبه و در شکل ۵ آورده شده است.

نشان داد که روش ATCOR در مقایسه با دیگر روش‌های تصحیح اثر اتمسفر نتایج ضعیف‌تری را ارائه داد. مدل‌سازی برای محاسبه مقدار زی‌توده روی زمینی جنگل محاسبه و نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. در این مدل‌ها میانگین اعداد رقومی شاخص‌های گیاهی

جدول ۲- بهترین مدل رگرسیونی حاصل از شاخص‌های مختلف

Table 2. The best regression model obtained from different indices

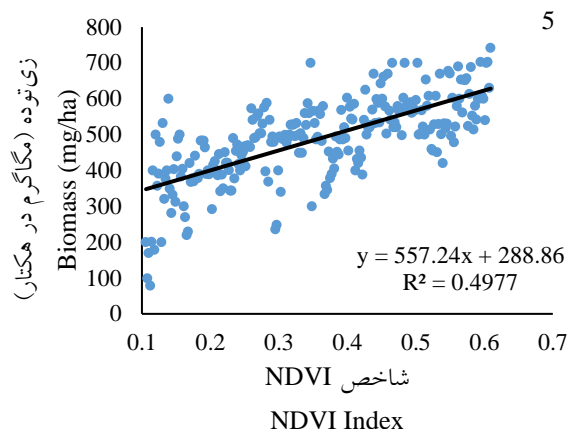
r^2	RMSE%	df	مجموعه اعتبارسنجی Validation set	مدل رگرسیونی	مدل اتمسفریک
				Regression model	Atmospheric model
0.696	15.04			$AGB = 696.87ARVI\ index^{0.493}$	6SV
0.626	16.45			$AGB = 828.16ARVI\ index^{0.626}$	FLAASH
0.591	20.78	194	49	$AGB = 485.17\ GARI\ index + 307.52$	DOS
0.558	19.82			$AGB = 562.25\ NDVI\ index + 288.07$	ATCOR
0.497	21.37			$AGB = 557.24\ NDVI\ index + 288.86$	OLI



شکل ۵- نمودار پراکنش مقدار زی‌توده روی زمینی در مقابل شاخص پوشش گیاهی حاصل از: ۱) 6SV-ARVI،

۲) FLAASH-ARVI (۳)، DOS-GARI (۴)، ATCOR-NDVI (۵) و OLI-NDVI

Figure 5. Distribution histogram of aboveground biomass against the vegetation index obtained from: 1) 6SV-ARVI, 2) FLAASH-ARVI, 3) DOS-GARI, 4) ATCOR-NDVI and 5) OLI-NDVI



ادامه شکل ۵.

Continued figure 5.

شکل ۵ نمای دو بعدی از مدل‌های بهینه رگرسیونی روی شاخص‌های پوشش گیاهی حاصل از باندهای اصلی سنجنده OLI و اعمال تصحیحات اتمسفری SV6، FLAASH، ATCOR و DOS را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که شاخص ARVI استخراج شده از مدل‌های تصحیح اتمسفری SV6 و

شکل ۵ نمای دو بعدی از مدل‌های بهینه رگرسیونی روی شاخص‌های پوشش گیاهی حاصل از باندهای اصلی سنجنده OLI و اعمال تصحیحات اتمسفری SV6، FLAASH، ATCOR و DOS را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که شاخص ARVI استخراج شده از مدل‌های تصحیح اتمسفری SV6 و

جدول ۳- نتایج ارزیابی صحت شاخص‌های استخراج شده از مدل‌های تصحیح اتمسفری مختلف

Table 3. The results of accuracy evaluation of extracted indices from different atmospheric correction models

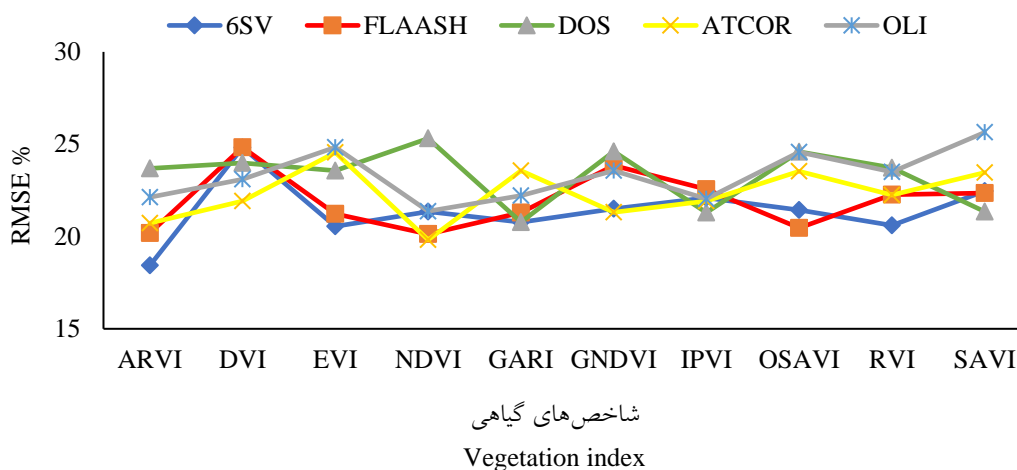
OLI		DOS		ATCOR		FLAASH		6SV		روش تصحیح Correction method
توانی power	خطی liner	توانی power	خطی liner	توانی power	خطی liner	توانی power	خطی liner	توانی power	خطی liner	مدل Model
RMSE %										شاخص Index
25.65	22.12	22.75	23.68	21.03	20.72	16.45	22.19	15.04	18.43	ARVI
26.34	23.09	23.90	23.99	24.10	21.92	23.41	24.83	21.28	24.82	DVI
23.45	24.83	24.61	23.56	23.23	24.55	21.29	21.22	20.67	20.55	EVI
24.75	22.21	21.33	20.78	19.83	23.56	22.23	21.29	17.23	20.78	GARI
25.22	23.57	21.68	24.60	22.67	21.32	20.48	23.84	18.16	21.51	GNDVI
23.25	22.04	21.93	21.29	24.85	21.92	18.43	22.56	18.70	22.10	IPVI
22.17	21.37	22.55	25.31	20.27	19.82	17.52	21.34	16.33	20.13	NDVI
23.56	24.57	21.31	24.59	22.45	23.53	20.97	20.47	20.22	21.43	OSAVI
23.21	23.50	22.67	23.73	20.32	22.25	18.45	22.27	19.25	20.60	RVI
27.82	25.64	22.73	21.34	21.25	23.47	21.19	22.45	23.19	22.35	SAVI

بررسی خطای % RMSE حاصل از اعمال مدل‌های خطی و غیرخطی نشان داد که برآورد مقدار زی توده روی زمینی جنگل از طریق مدل‌های غیرخطی بهتر است. شکل‌های ۵ و ۶ روند تغییرات % RMSE

بررسی خطای % RMSE حاصل از اعمال مدل‌های خطی و غیرخطی نشان داد که برآورد مقدار زی توده روی زمینی جنگل از طریق مدل‌های غیرخطی بهتر است. شکل‌های ۵ و ۶ روند تغییرات % RMSE

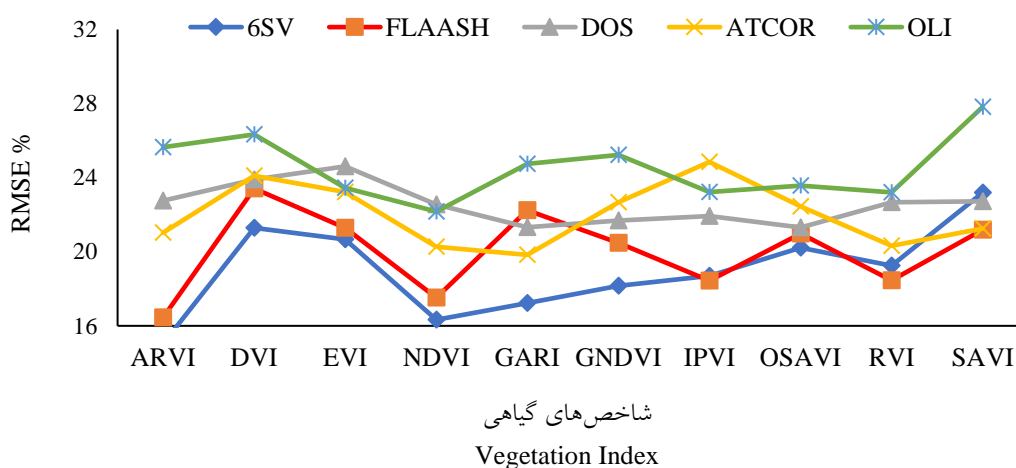
مدل‌های تصحیح اتمسفریک SV6 و FLAASH در برآورد مقدار زی توده روی زمینی عملکرد بالاتری داشته است. بر اساس نتایج، استفاده از شاخص‌های تصویر اصلی OLI، در بیشتر موارد سبب افزایش RMSE % شد.

در مدل‌سازی شاخص‌های پوشش گیاهی مختلف، با روش خطی و غیرخطی را نشان می‌دهد. کمترین RMSE % (۱۵/۰۴ درصد) در مدل‌سازی شاخص ARVI از روش تصحیح اتمسفریک SV6 به دست آمده است. همچنین شاخص ARVI استخراج شده از



شکل ۵- نمودار RMSE% حاصل از مدل خطی زی توده جنگل با استفاده از شاخص‌های گیاهی حاصل از تصحیح اتمسفریک

Figure 5. The RMSE % histogram obtained from the linear model of forest biomass using vegetation indices obtained from atmospheric correction



شکل ۶- نمودار RMSE% حاصل از مدل توانی زی توده جنگل با استفاده از شاخص‌های گیاهی حاصل از تصحیح اتمسفریک

Figure 6. The RMSE % histogram obtained from the power model of forest biomass using vegetation indices obtained from atmospheric correction

بحث

شده است و شاخص گیاهی SV6-NDVI در مقایسه با TOA-NDVI عملکرد قوی‌تری داشت. همچنین نتایج این بررسی با نتایج Muchsin et al. (2019) مطابقت دارد.

بر اساس شکل ۴، هر ۱۰ شاخص مورد بررسی همبستگی معنی‌داری با مقدار زی‌توده روی‌زمینی جنگل دارند؛ به طوری که بیشترین ضریب همبستگی را شاخص گیاهی ARVI (۰/۸۰۱) حاصل از روش SV6 داراست. روش تصحیح اثر اتمسفریک ATCOR نسبت به روش‌های دیگر همبستگی پایین‌تری را نشان داد که با نتایج بررسی Ju et al. (2012) مطابقت دارد. با استفاده از معادلات خطی و غیرخطی، مقدار زی‌توده روی‌زمینی مدل‌سازی شد. در این فرآیند، شاخص‌های پوشش گیاهی حاصل از مدل‌های تصحیح اتمسفریک به کار گرفته شد. اعتبار سنجی نتایج با نمونه‌های باقی‌مانده داده‌های مرجع بیانگر برتری شاخص‌های پوشش گیاهی ARVI حاصل از روش‌های تصحیح SV6 و FLAASH، شاخص پوشش گیاهی NDVI حاصل از روش تصحیح اتمسفریک ATCOR و شاخص گیاهی GARI حاصل از روش تصحیح DOS نسبت به سایر شاخص‌ها است. نتایج حاضر می‌تواند به دلیل شاخص‌های جوی خاص در هر یک از مدل‌ها باشد، به طوری که مدل DOS مربوط به مشخصات جوی نیست، مدل FLAASH از مقادیر جهانی برای شاخص‌های جوی خود استفاده می‌کند و مدل SV6 از محصولات MODIS که نماینده مجموع بخار آب و عمق نوری آئروسول هستند، استفاده می‌کند. نتایج این بررسی با نتایج پژوهش Nazeer et al. (2014) مطابقت دارد. نتایج بررسی آنها نشان داد که در بین مدل‌های مختلف تصحیح اتمسفریک، مدل SV6 دارای کمترین اختلاف بین بازتاب واقعی زمینی و مقادیر رقومی

برآورد و پایش مقدار زی‌توده روی‌زمینی برای بررسی‌های تغییر اقلیم، تولید چرخه کربن، تخصیص مواد غذایی و انباشت سوخت، بررسی‌های رفتار آتش و غیره در زیست‌بوم ضروری است. بر مبنای نتایج به دست آمده در این پژوهش همبستگی بالایی بین داده‌های مرجع (زی‌توده روی‌زمینی در قطعات نمونه) و ده شاخص گیاهی تهیه‌شده از داده‌های تصحیح‌شده وجود دارد. دلیل آن را می‌توان به اعمال روش‌های تصحیح اثر اتمسفریک SV6، FLAASH، ATCOR و DOS روی باندهای اصلی OLI نسبت داد. شاخص‌های حاصل از تصحیح اتمسفریک SV6، از نظر همبستگی، بهتر از دیگر روش‌های تصحیح اتمسفریک است؛ چرا که از شاخص‌های اتمسفری، شامل بخار آب و عمق ذرات نوری معلق حاصل از محصولات MODIS، در فرآیند تصحیح استفاده می‌کند و به همین خاطر، عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌ها دارد که با نتایج بررسی Nuorodini et al. (2017) مطابقت دارد. نتایج آنها نشان داد که مدل تصحیح اتمسفریک SV6 در مناطق جنگلی استان گیلان نسبت به سایر مدل‌ها بهتر عمل کرده است. Nguyen et al. (2015) برتری روش تصحیح اثر اتمسفریک SV6 در برآورد زی‌توده جنگل را در مقایسه با دیگر مدل‌ها، ناشی از به‌کارگیری شاخص‌های دقیق اتمسفری حاصل از محصولات MODIS در فرآیند تصحیح دانسته‌اند. در زمان استفاده از اطلاعات باندهای اصلی OLI برای تهیه شاخص‌های پوشش گیاهی، مقدار همبستگی کاهش یافت، که با نتایج بررسی Roy et al. (2014) هم‌خوانی دارد. نتایج بررسی آنها نشان داد که قبل از تهیه شاخص‌های پوشش گیاهی، اعمال تصحیحات اتمسفریک سبب ارتقاء و بهبود نتایج استخراج‌شده به‌ویژه در مناطق با پوشش گیاهی متراکم

روی زمینی با استفاده از چهار روش تصحیح جوی FLAASH، DOS و SV6 استفاده شد. ارزیابی‌ها برای سری ۱۱ آوارديم منطقه شفارود گیلان به دست آمد. از مقایسه مدل‌های تصحیح اتمسفریک و تصویر اصلی OLI در منطقه مورد بررسی، مشخص شد که کمترین درصد RMSE هنگام استفاده از کد انتقال تابشی SV6 به دست آمد. دومین دقت بالاتر در تصاویر تصحیح شده با FLAASH به دست آمد. با این حال، از نتایج به دست آمده در پژوهش حاضر که در بالا ارائه شد، می‌توان پیشنهاد کرد که مدل تصحیح اتمسفریک SV6، با ادغام بخار آب و عمق نوری آئروسول حاصل از محصولات MODIS، برای تخمین زی توده روی زمینی بر اساس داده‌های سنجش از دور مناسب تر است، به ویژه هنگام استفاده از داده‌هایی که در تابستان به دست می‌آیند، زمانی که بخار آب و دما هر دو بالا است و تاج پوشش جنگل در توسعه کامل است.

References

- Agapiou, A.; Hadjimitsis, D.G.; Papoutsas, C.; Alexakis, D.D.; Papadavid, G., The Importance of Accounting for Atmospheric Effects in the Application of NDVI and Interpretation of Satellite Imagery Supporting Archaeological Research: The Case Studies of Palaepaphos and Nea Paphos sites in Cyprus. *International Journal of Remote Sensing* 2011, (3), 2605- 2629
- Ali, A.; Xu, M.-S.; Zhao, Y.-T.; Zhang, Q.-Q.; Zhou, L.-L.; Yang, X.-D.; Yan, E.-R., Allometric biomass equations for shrub and small tree species in subtropical China. *Silva Fennica* 2015, (49), 1-10. (In Persian).
- Canty, M., Automatic Radiometric Normalization of Multitemporal Satellite Imagery with the Iteratively Re-Weighted MAD Transformation. *Remote Sensing of Environment* 2008, 112 (3), 1025- 1036.
- Chander, G.; Markham, B.L.; Helder, D.L., Summary of Current Radiometric Calibration Coef cients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI Sensors. *Remote Sensing of Environment* 2009, 113 (5), 893-903.

ETM+ ماهواره لندست است. دقت رگرسیون غیرخطی توانی بیشتر از دیگر مدل‌هاست. نتایج مدل رگرسیون توانی با استفاده از شاخص‌های گیاهی تصحیح شده نشان داد که شاخص ARVI دارای کمترین مقدار خطای بهینه است. همچنین نتایج مدل رگرسیون خطی نشان داد که شاخص‌های پوشش گیاهی GARI و NDVI نیز دارای کمترین مقدار خطای بهینه هستند. به طور کلی، استفاده از شاخص‌های تصحیح شده در مقایسه با اعمال نکردن تصحیحات، خطای کمینه را کاهش داده است. نتایج این بررسی با یافته‌های دیگر محققان همسو است. نتایج پژوهش (et al. (2014) Pathak نشان داد که مدل تصحیح اتمسفریک SV6 در مقایسه با مدل‌های FLAASH، ATCOR، DOS بهتر عمل کرده است.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، تصاویر سنجنده OLI و داده‌های میدانی جمع‌آوری شده برای ارزیابی دقت تخمین زی توده Crippen, R.E, Calculating the Vegetation Index Faster. *Remote Sensing of Environment* 1990, (34), 71- 73.

Muchsin, F.; Dirghayu, D.; Prasasti, I.; Rahayu, M.I.; Fibriawati, L.; Pradono, K.A., Comparison of atmospheric correction models: FLAASH and 6S code and their impact on vegetation indices (case study: paddy field in Subang District, West Java). *The 4th International Conference of Indonesian Society for Remote Sensing*. 2019.

Feng, M.; Sexton, J.O.; Huang, C.; Masek, J.G.; Vermote, E.F.; Gao, F.; Narasimhan, R.; Channan, S.; Wolfe, R.E.; Townshend, J.R., Global surface reflectance products from Landsat: Assessment using coincident MODIS observations. *Remote Sensing of Environment* 2013, 134 (1), 276-293.

Gitelson, A.A.; Kaufman, Y.J.; Merzlyak, M.N., Use of a Green Channel in Remote Sensing of Global Vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment* 1996, (58), 289- 298.

- Hu, Y.; Liu, L.; Liu, L.; Peng, D.; Jiao, Q.; Zhang, H., A Landsat-5 Atmospheric Correction Based on MODIS Atmosphere Products and 6S Model. *Applied Earth Observations and Remote Sensing* 2014, 7 (5), 1609-
- Huete, A.R., A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 1988, (25), 295- 309.
- Jordan, C.F., Derivation of Leaf Area Index from Quality of Light on Forest Floor. *Ecology* 1969, (50), 663- 666.
- Ju, J.; Roy, D.P.; Vermote, E.; Masek, J.; Kovalsky, V., Continental-Scale Validation of MODIS-Based and LEDAPS Landsat ETM+ Atmospheric Correction Methods. *Remote Sensing of Environment* 2012, (122), 175- 184.
- Kaufman, Y.J.; Tanré, D., Atmospherically Resistant Vegetation Index (ARVI) for EOS-MODIS, IEEE Trans. Geosci. *International Journal of Remote Sensing*, 1992, 30 (2), 261- 270.
- King, M.D.; Tsay, S.C.; Platnick, S.E., Cloud Retrieval Algorithms for MODIS: Optical Thickness, Effective Particle Radius, and Thermodynamic Phase, MODIS Algorithm Theoretical Basis Document, No. ATBD-MOD, Vol. 5, 1997.
- Khalili Ardali, Z.; Mirazadi, Z.; Mansour samaei, R., Estimation of biomass, carbon sequestration and leaf area of *Acer monspessulanum* in Middle-Zagros, case study: Ghaleh Gol forests in Lorestan province. *Journal of Forest Research and Development* 2019, 5(2), 245-257. (In Persian)
- Lohrabi, Y.; Abbasi, M.; Soltani, A.; Riyahi Bakhtyari, H.R., Determination of the most suitable method for forest type mapping in central Zagros using landsat-8 satellite Images. *Journal of Forest Research and Development* 2018, 4(2), 191-205. (In Persian)
- Masek, J.G.; Vermote, E.F.; Saleous, N.E.; Wolfe, R.; Hall, F.G.; Huemmrich, K.F.; Gao, F.; Kutler, J.; Lim, T.K., A Landsat Surface Reflectance Dataset for North America. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters* 2006, (3), 68- 72.
- Menzel, W.; Seemann, S.; Li, J, 2002, MODIS Atmospheric Profile Retrieval Algorithm Theoretical Basis Document (MOD-07), Eos ATBD web site [Online]. Available: pdf, 39.
- Nazeer, M.; Nichol, J.E.; Yung, Y.K., Evaluation of Atmospheric Correction Models and Landsat Surface Reflectance Product in an Urban Coastal Environment. *International Journal of Remote Sensing* 2014, (35), 6271- 6291.
- Nguyen, H.C.; Jung, J.; Lee, J.; Choi, S.; Hong, S.; Heo, J., Optimal Atmospheric Correction for Above-Ground Forest Biomass Estimation with the ETM+ Remote Sensor. *International Journal of Sensors* 2015, (15), 18865-18886.
- Nuorodini, A.; A.E. Bonyad., Investigating the efficiency of atmospheric effect correction methods in estimating the canopy density of Gilan forests using vegetation indices obtained from Landsat 8. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS* 2017, 9 (1), 93-110. (In Persian)
- Pan, Y.; Birdsey, R.A.; Phillips, O.L.; Jackson, R.B., The structure, distribution, and biomass of the world's forests. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 2013, (44), 593-622.
- Pathak, N.V.; Pandya, M.R.; Shah, D.B.; Trivedi, H.J.; Patel, K.D.; Sridhar, V.N.; Singh, R.P., Inter Comparison of Atmospheric Correction Models-SACRS2, FLAASH AND 6SV USING RESOURCESAT-2 AWIFS Data, The International Archives of the Photogrammetry. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 2014, (8), 881-884.
- Rondeaux, G.; Steven, M.; Baret, F., Optimization of Soil-Adjusted Vegetation Indices. *Remote Sensing of Environment* 1996, (55), 95- 107.
- Ronoud, Gh.; Darvishsefat, A.A., Estimating aboveground woody biomass of *Fagus orientalis* stands in Hyrcanian forest of Iran using Landsat 5 satellite data (Case study: Khyroud Forest). *Geographic Space* 2018, 17(60), 117-129.
- Rouse, J.W.; Haas, R.W.; Schell, J.A.; Deering, D.W.; Harlan, J.C., Monitoring the Vernal Advancement and Retro Gradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation, NASA/GSFCT Type III *Final Report, Greenbelt* 1974, MD, USA.
- Roy, D.P.; Ju, J.; Kline, K., Web-enabled Landsat Data (WELD): Landsat ETM+ Composited Mosaics of the Conterminous

- United States. *Remote Sensing of Environment* 2010, 114 (1), 35- 49.
- Roy, D.P.; Qin, Y.; Kovalskyy, V.; Vermote, E.F.; Ju, J.; Egorov, A.; Hansen, M.C.; Kommareddy, I.; Yan, L., Continuous United States Demonstration and Characterization of MODIS-based Landsat ETM+ Atmospheric Correction. *Remote Sensing of Environment* 2014, (140), 433-449.
- Sharifi, A.; Amini, J.; Pourshakouri, F., Allometric model development for AboveGround Biomass estimation in Hyrcanian forests of Iran. *World Applied Sciences Journal* 2013, (28), 1322-1330. (In Persian)
- Soleimannejad, L.; Bonyad, A.E.; Naghdi, Latifi., Classification of quantitative attributes of Zagros forest using Landsat 8-OLI and Random Forest algorithm (Case study: protected area of Manesht forests). *Journal of Forest Research and Development* 2019, 4(4), 415-434. (In Persian)
- Vahedi, A.A., Artificial neural network application in comparison with modeling allometric equations for predicting above-ground biomass in the Hyrcanian mixedbeech forests of Iran. *Biomass and Bioenergy* 2016 (88), 66-76. (In Persian)

Investigating the effect of different atmospheric correction methods in forest biomass estimation using Vegetation indices

Ismaeil Moradi Emamgheysi*¹ and Amir Eslam Bonyad²

1- Ph.D. student of forest management, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Gilan University, Soume-Sera, I. R. Iran. (Ismaeil.moradi@yahoo.com)

2- Professor, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Gilan University, Soumesara, I. R. Iran. (bonyad@guilan.ac.ir)

Received: 12 September 2023

Accepted: 08 December 2023

Abstract

Background and objectives: Earth's surface reflection is significantly affected by atmospheric conditions such as water vapor and particulate matter; therefore, atmospheric correction is needed to minimize these effects and convert digital number values to surface reflection. Therefore, as a remote sensing approach, atmospheric correction is required to minimize these effects and convert digital number (DN) values to surface reflectance. The main objective of this research was to study of four atmospheric correction models, including (1) dark object subtraction (DOS), (2) fast line-of-sight atmospheric analysis of spectral hypercube (FLAASH), (3) the second simulation of the satellite signal in solar spectrum (6SV), (4) atmospheric topographic correction (ATCOR) model and their comparison with the OLI original image for estimation of the aboveground biomass (AGB) in the forests of Avardim of the Shafarood watershed, Guilan province.

Methodology: In order to estimate of biomass, 246 plots (3600 m²) were established as systematic-random sampling pattern with 300m×300m dimensions and DBH, height of trees and shrubs were measured. A handheld GPS device (Garmin GPS MAP 64s with an accuracy of ±3 meters) was used for sampling and finding the sample pieces, and for this purpose, before starting the statistics, the latitude and longitude of the points (all sample pieces) were entered into the GPS device. And then, using the above device, the sample parts were determined in the field and the characteristics of the diameter at the chest, the height of the existing trees and shrubs (diameter more than 7.5 cm) were measured and then recorded in the relevant forms. The OLI sensor images of Landsat 8 satellite were extracted from the USGS global site. The selection of images was done according to the season, the amount of minimum cloud cover and also in the growing season close to the time of maximum greenness. These images are presented at L1T level and fully compatible with digital maps. In this research, 7 OLI sensor bands of Landsat 8 satellite related to pass/row number 166/34 have been used. Before the Landsat 8 satellite passes over Iran, Terra satellite prepares images with a time difference of about half an hour to local time. Due to the stability of the atmospheric conditions, it is possible to use MODIS information in step with Landsat 8. Also, in this research, three daily MODIS products were used for each of the Landsat 8 images with a spatial resolution of 500 meters, including: MOD04 (optical thickness of suspended particles in the range of 550 micrometers), MOD05 (water vapor) and MOD07 (total ozone). The DEM obtained from ASTER with a spatial resolution of 30 meters was obtained from the USGS global site. The DEM model was directly used in the SV6 atmospheric correction method. Also, DEM model was used for the atmospheric effect correction method of ATCOR to prepare the map of slope, direction, sky visibility.

Results: The results showed that the atmospheric correction model based on 6SV radiative transfer code had a good performance in most of the plant indices obtained from the OLI sensor data of Landsat 8 satellite. The ARVI index obtained from the 6SV atmospheric correction model has the highest correlation analysis results with a correlation coefficient of 0.801. Also, in the case of using the FLAASH method, ARVI (0.779) and RVI (0.586) indices have the highest and lowest correlations, respectively. In the DOS or dark object atmospheric correction method, the highest and lowest correlations are related to GARI (0.762) and EVI (0.518) indices, respectively, and finally, in the

* Corresponding author

Tel: +989139805602

ATCOR method, the highest and lowest correlations are respectively related to NDVI indices (732.0) and GNDVI (0.454). In general, in estimating forest biomass, 6SV atmospheric correction model showed the best performance with the lowest RMSE percentage (15.04%), followed by FLAASH, ATCOR and DOS models.

Conclusion: Estimating and monitoring the amount of biomass on land is necessary for climate change studies, carbon cycle production, food allocation and fuel accumulation, fire behavior studies, etc. in the ecosystem. Also, applying atmospheric corrections on the main bands of the images in the pre-processing process before classifying and extracting plant indices is necessary and unavoidable to remove the unwanted effects of the atmosphere and it improves the accuracy of the results. From the results obtained in the present study, it can be suggested that the 6SV atmospheric correction model, with the integration of water vapor and aerosol optical depth obtained from MODIS products, is more suitable for the estimation of terrestrial zinc based on remote sensing data, especially when using the data in are obtained in summer, when water vapor and temperature are both high and the forest canopy is in full development. Finally, it is suggested to use the 6SV atmospheric correction model to estimate of aboveground biomass based on remote sensing data.

Keywords: Atmosphere, Biomass, Landsat 8, Classification, 6SV.

واکاوای عوامل مؤثر در بروز جرم در منابع طبیعی با استفاده از روش تحلیل مضمون

حبیب‌الله جاهد^۱، امین محمدی استادکلایه^{۲*}، ابوالفضل طهماسبی^۳ و حمیده پهلوان‌زاده^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مرتعداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. (habib_jahd@yahoo.com)

۲- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. (aminmohammadi@gonbad.ac.ir)

۳- استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران. (ab_tahmasebi@gonbad.ac.ir)

۴- محقق آزاد، دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد طراحی محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران. (hphpahlavan@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۳

چکیده

مقدمه و هدف: منابع طبیعی از ارکان جدایی‌ناپذیر زندگی انسان‌ها به‌شمار می‌روند. امروزه عرصه‌های منابع طبیعی در برنامه‌های توسعه در کشورهای مختلف یکی از ارکان اصلی در فرایند توسعه پایدار محسوب می‌شوند. امروزه تخریب منابع طبیعی و بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع، از جمله مهم‌ترین چالش‌های پیش روی برنامه‌های توسعه است، به‌گونه‌ای که بسیاری از سکونتگاه‌های انسانی در اثر بروز این چالش‌ها، به سمت ناپایداری پیش می‌روند. براساس پژوهش انجام‌شده ۸۷ درصد از عوامل تخریب در منابع طبیعی کشور، انسانی و تنها ۱۳ درصد عوامل طبیعی است. استان گلستان با مساحت ۲۰۳۶۷ کیلومتر مربع در شمال ایران قرار دارد. بررسی‌های انجام‌شده حاکی از تخریب بوم‌سازگان‌های منابع طبیعی در داخل استان است. حجم بالای بروز جرایم در منابع طبیعی استان گلستان و تخریب گسترده آن، ضرورت بررسی دقیق دلایل بروز جرایم مرتبط با منابع طبیعی و راهکارهای جلوگیری از آنها را بیش از پیش نمایان می‌سازد تا ضمن اصلاح و برطرف کردن دلایل، زمینه بهبود وضعیت مدیریت منابع طبیعی در استان گلستان فراهم شود. تاکنون بررسی‌های محدودی در زمینه دلایل بروز جرم در منابع طبیعی انجام شده است، اما تحقیق کیفی حاضر در تلاش است برای نخستین بار براساس روش تحلیل مضمون به بررسی دلایل بروز جرم در منابع طبیعی بپردازد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش کیفی و کاربردی بوده و با رویکرد تحلیل موضوعی انجام شده است. انجام مصاحبه‌ها در بازه زمانی مهرماه تا اسفندماه ۱۴۰۱ انجام شد. مشارکت‌کننده‌ها در این پژوهش کارشناسان یگان حفاظت و مدیران ادارات منابع طبیعی شهرستان‌های رامیان، کلاله و گالیکش واقع در شرق استان گلستان بودند. براساس اصل اشباع نظری با تعداد ۲۱ نفر مصاحبه انجام شد. در مجموع حدود ۲۷ صفحه متن مصاحبه به‌دست آمد. این حجم از مطالب حدود شش هزار کلمه برای تحلیل داده‌های مرتبط با مؤلفه‌های

جمع‌آوری اطلاعات فراهم کرد. به‌منظور دستیابی به هدف اصلی پژوهش، از فرآیند تحلیل محتوای سه مرحله‌ای کینگ و همکاران (۲۰۱۸) برای بررسی چالش‌های مرتبط با وقوع جرم در منابع طبیعی استفاده شد. در مرحله اول برای انجام کدگذاری باز، محتوای تمامی مصاحبه‌ها پیاده‌سازی و سپس کدگذاری باز آنها انجام شد. در این مرحله ۱۵۴ کد اولیه با قوی‌ترین قدرت مفهومی از متن مصاحبه استخراج شد. در مرحله بعد با شناسایی شباهت‌ها و تفاوت‌ها، ۲۱ زیرمضمون شناسایی شد. سپس مضامین فرعی که بیشترین شباهت معنایی و مفهومی را نشان می‌دادند در کنار یکدیگر قرار گرفتند و مضامین سازمان‌دهنده (اصلی) شمارش شدند. در نهایت برای ترسیم شماتیک شبکه از نرم‌افزار MAXQDA20 استفاده شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج این پژوهش، عوامل مؤثر بر وقوع جرم را می‌توان در دو موضوع کلی بررسی کرد: عوامل فرابخشی شامل سه موضوع فرعی «عوامل حقوقی»، «عوامل اقتصادی» و «عوامل اجتماعی و فرهنگی»، و عوامل بخشی. در میان مقوله‌های تبیین‌کننده عوامل قانونی وقوع جرم، زیرمجموعه «حجم بالای پرونده‌های قضایی و مراحل طولانی قضایی» با ۱۴ تکرار برجسته است که بیشترین استناد را در بین عوامل هشت‌گانه به خود اختصاص داده است. زیرمجموعه‌های «عدم برخورد قاطع با متخلفان و «عدم قوانین و مقررات قانونی (نقص و به روز نبودن قوانین)» به ترتیب دارای ۹ و ۷ تکرار هستند. همچنین از جمله عوامل اقتصادی وقوع جرم، مقوله «فقر زندگی و شکنندگی اقتصاد خانوار» با ۱۴ تکرار بیشترین استناد را دارد و زیرمضمون‌های «بیکاری» و «وجود تقاضای بازار بدون پیش‌بینی قانونی» به ترتیب با ۶ و ۵ تکرار دنبال می‌شوند. سومین موضوع که عوامل فرابخشی وقوع جرم را تبیین می‌کند، موضوع فرهنگی-اجتماعی مؤثر بر وقوع جرم است که از دو زیرمجموعه «فشار سیاسی و برداشت نادرست مسئولان نسبت به مسائل علمی مرتبط با حفاظت از منابع طبیعی» و «عدم آگاهی فرهنگی زیست محیطی» تشکیل شده است. در این میان، مقوله «فشار سیاسی و برداشت نادرست مسئولان از مسائل علمی مرتبط با حفاظت از منابع طبیعی» با ۱۱ مورد بیشترین تکرار را دارد. بررسی عوامل درون سازمانی مؤثر بر وقوع جرم نشان داد که زیرمجموعه‌های «نیروی انسانی ناکافی برای حفاظت» و «عدم حمایت قانونی از نیروهای حفاظتی» به ترتیب با ۱۵ و ۱۲ تکرار مهم‌ترین هستند.

نتیجه‌گیری کلی: کنترل جرایم و ناهنجاری‌های اجتماعی در حوزه منابع طبیعی و اراضی ملی نیازمند سیاست‌گذاری مناسب در هر یک از مراحل تقنینی، اجرایی و قضایی است. بررسی نتایج مصاحبه با کارشناسان و مدیران منابع طبیعی شهرستان‌های شرق استان گلستان نشان می‌دهد که وقوع جرایم مرتبط با منابع طبیعی و برخورد با آن چالش‌های زیادی وجود دارد. این چالش‌ها نیازمند شناسایی راه‌حل‌هایی است که در حال حاضر در دست بررسی است.

واژه‌های کلیدی: جرم، منابع طبیعی، استان گلستان، تحلیل مضمون.

جایگزین، کمبود منابع و نبود الگوی مناسب و کارآمد توسعه، فشار بیش از حد بر منابع طبیعی تجدیدشونده را به دنبال داشته است. براساس پژوهش انجام شده ۸۷ درصد از عوامل تخریب در منابع طبیعی کشور، انسانی و تنها ۱۳ درصد عوامل طبیعی است (Faramarzi, 2015). از سوی دیگر بررسی‌ها نشانگر آن است که با وجود اجرای برنامه‌های مدیریتی، حفاظت از منابع زیستی با توفیق چندانی همراه نبوده‌اند، به نحوی که جرایم منجر به تخریب منابع طبیعی در چند دهه اخیر افزایش یافته است (Karami and Keshavarz, 2014). اطلاعات منتشرشده بیانگر آن است حوزه منابع طبیعی کشور با تشکیل سالانه بیش از ۲۳ هزار پرونده، دارای بیشترین تعداد پرونده در محاکم قضایی است. بررسی پرونده‌های بخش منابع طبیعی در طی پنج دهه اخیر نشان‌دهنده افزایش ۴۰۰ درصدی تعداد پرونده این بخش در محاکم عمومی دادگستری است.

بروز جرایم منجر به تخریب منابع طبیعی می‌تواند به‌طور فزاینده‌ای به کاهش کمی و کیفی اراضی جنگلی، گسترش پدیده بیابان‌زایی و تولید گرد و غبار، افزایش تعارضات و اختلافات بین بهره‌برداران و در نهایت افزایش فقر جوامع محلی منجر شود (Rabani et al., 2020). جرم‌انگاری تخریب منابع طبیعی و همچنین استفاده از مجازات‌های کیفی، از جمله واکنش‌های جامعه بشری به این اقدامات است (Brisman and South, 2018). امروزه یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مورد توجه در حقوق بین‌المللی محیط زیست، نوع شناسی جرایم است، زیرا آگاهی از انگیزه‌ها، دلایل، فشارها و تمامی عواملی که موجب وقوع جرم می‌شود، می‌تواند در اتخاذ راهبرد صحیح مقابله با جرایم موثر باشد (Di Ronco et al., 2018).

(Alinezhad et al., 2022) با بررسی سیاست جنایی موجود در ایران در برابر جرایم علیه منابع طبیعی،

منابع طبیعی از ارکان جدایی‌ناپذیر زندگی انسان‌ها به‌شمار می‌روند. امروزه عرصه‌های منابع طبیعی در برنامه‌های توسعه در کشورهای مختلف یکی از ارکان اصلی در فرایند توسعه پایدار محسوب می‌شوند (Levesque et al., 2017; Keyvan Behjo et al., 2017). بسیاری از خواسته‌ها و نیازهای مادی انسان از منابع طبیعی تأمین می‌شود. با افزایش جمعیت و پیشرفت تکنولوژی، تقاضای بهره‌مندی از منابع فزونی می‌یابد (Ghobadi and Moameri, 2021; Salehzadeh et al., 2016). امروزه تخریب منابع طبیعی و بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع، از جمله مهم‌ترین چالش‌های پیش روی برنامه‌های توسعه است، به گونه‌ای که بسیاری از سکونتگاه‌های انسانی در اثر بروز این چالش‌ها، به سمت ناپایداری پیش می‌روند (Heineman et al., 2015; Schua et al., 2015; Bazgir et al., 2020; Fischer et al., 2020; Alaaldinvandi, 2021; Roba et al., 2021). افزایش مشکلات و بحران‌های زیست محیطی در جهان از یک سو و درک پیامدهای بلندمدت موضوعات زیست محیطی در زندگی انسان‌ها از سوی دیگر موجب شده است اهمیت صیانت و حفاظت از منابع طبیعی افزایش یابد و امروزه تخریب منابع طبیعی به‌عنوان معضل جهانی، فکر برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران را به‌خود معطوف نماید (Mahmoudi and Eshaghi Milasi, 2022; Jannatichena et al., 2020; Norouzi et al., 2017; Savari et al., 2019).

واقعیت‌های موجود در منابع طبیعی ایران نیز بیانگر آن است که در اثر تعامل بدون برنامه و منفعت‌طلبانه جوامع بشری با محیط‌زیست، این منابع در وضعیت تخریب قرار گرفته و با شیوه‌های کنونی بهره‌برداری این روند ادامه خواهد داشت (Roudgarami, 2011; Abdollahi et al., 2024). رشد بیش از پیش جمعیت، ضرورت دسترسی به فرصت‌های شغلی جدید و

تکمیل قوانین در حوزه منابع طبیعی را به منظور برقراری سیاست قضایی هماهنگ بین محاکم قضایی، ضروری دانست. (Beiranvand et al., 2023) در تحقیقی با عنوان بررسی دلایل و عوامل قاچاق چوب‌های جنگلی در شمال ایران، فروپاشی نظام مدیریت جنگل، در کنار عوامل زمینه‌ای از قبیل بیکاری، فقر و وجود مشکلات معیشتی را به عنوان مهم‌ترین عوامل قاچاق چوب معرفی کردند. نتیجه پژوهش (Farajollahi et al., 2021) در تحلیل ارتباط بین فقر اقتصادی و تخریب منابع طبیعی نشان داد، تخریب منابع طبیعی توسط افراد فقیر به طور معناداری بیشتر از افراد دارا است. محققان بهبود وضعیت اقتصادی را به منظور کاهش تخریب در منطقه ضروری دانستند.

استان گلستان با مساحتی بالغ بر ۲۰۳۶۷ کیلومتر مربع، از جمله استان‌های شمالی کشور است. عرصه منابع طبیعی استان گلستان مشتمل بر ۱۳۹۶۹ کیلومتر مربع بوده که ۶۸ درصد سطح استان را تشکیل می‌دهد. بررسی‌های به عمل آمده بیانگر تخریب گسترده عرصه‌های منابع طبیعی در استان گلستان است (Salarian et al., 2021). به گونه‌ای که بررسی اسناد ثبتی سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری و یگان حفاظت از منابع طبیعی بیانگر آن است استان گلستان نسبت به استان‌های گیلان و مازندران سهم بیشتری از قاچاق چوب را به خود اختصاص داده است (Mohammadi Ostadkelayeh et al., 2024). همچنین تخلیفات تخریب و تصرف عدوانی و ساخت وساز غیرمجاز طی سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ تنها در شهرستان گنبدکاووس را مشتمل بر ۴۶۴ هکتار تخلیفات در عرصه‌هایی با مساحتی بالغ بر ۲۶۶۱ هکتار گزارش کرده است (Gharavi et al., 2023).

حجم بالای بروز جرایم در منابع طبیعی استان گلستان و تخریب گسترده آن، ضرورت بررسی دقیق

نتیجه‌گیری کردند، سیاست‌های موجود در برخورد با جرائم، نامتناسب و فاقد بازدارندگی است، ایشان نشان دادند برنامه‌ریزی مدونی در راستای پیشبرد سیاست‌های جنایی قضایی در ایران وجود ندارد. نتایج به دست آمده از بررسی (Shekarbeigi and Khoeini, 2018) درخصوص نقش سیاست جنایی در پیشگیری اجتماعی جرایم انجام شده در منابع طبیعی نشان داد وجود خلأها و نواقصی در زمینه پیشگیری اجتماعی جرایم منابع طبیعی سبب افزایش ارتکاب جرم در این حوزه شده است. نتایج بررسی چالش‌های حقوقی نواحی چهارگانه تحت اداره کل محیط زیست استان گیلان توسط (Dabiri, 2010) بیانگر این است که متناسب نبودن جرایم و مجازات‌ها، عدم ضمانت اجرای کافی در جلوگیری از تجاوز به مناطق و یا واگذاری آنها توسط بخش دولتی و در نهایت عدم هماهنگی بین ذینفعان در این مناطق از مهم‌ترین چالش‌های موجود بوده که ضرورت دارد تا بازنگری مجدد در قوانین انجام شود.

Mahmoodi Janaki and Askari Kamehri (2021) با بررسی جرم‌شناختی تخریب منابع طبیعی با رویکرد پیشگیرانه به این نتیجه رسیدند که عواملی از قبیل افزایش جمعیت، کمبود اراضی کشاورزی، ضعف مدیریتی و نبود نیروهای متعهد و متخصص در بدنه ادارات منابع طبیعی، فقر فرهنگی و اقتصادی، عدم تناسب مقدار مجازات با جرایم رخ داده و همچنین عدم تناسب بودجه و امکانات ادارات منابع طبیعی نسبت به وسعت عرصه‌های منابع طبیعی، از مهم‌ترین عوامل موثر بر تخریب منابع طبیعی در استان کهگیلویه و بویراحمد هستند. (Ahmadi, 2021) با بررسی دیدگاه قضات در مورد جایگاه و نقش سیاست‌های جنایی کیفری و غیرکیفری در حفاظت از منابع طبیعی نتیجه‌گیری کرد که پیشگیری غیرکیفری و نیز لغو قوانین قدیمی و ناکارآمد باید مورد توجه قانون‌گذار باشد. وی همچنین

دلایل بروز جرایم مرتبط با منابع طبیعی و راهکارهای جلوگیری از آنها را بیش از پیش نمایان می‌سازد تا ضمن اصلاح و برطرف کردن دلایل، زمینه بهبود وضعیت مدیریت منابع طبیعی در استان گلستان فراهم شود. تاکنون بررسی‌های محدودی در زمینه دلایل بروز جرم در منابع طبیعی انجام شده است، اما تحقیق کیفی حاضر در تلاش است برای نخستین بار براساس روش تحلیل مضمون به بررسی دلایل بروز جرم در منابع طبیعی بپردازد. مهم‌ترین سوالی که تحقیق حاضر درصدد پاسخگویی به آن است، عبارت است از:

- مهم‌ترین دلایل بروز جرم در عرصه‌های منابع طبیعی در نواحی شرقی استان گلستان از دیدگاه مدیران و کارشناسان یگان حفاظت کدامند؟

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر رویکرد کلی بوده و منطق پژوهش از نوع پژوهش‌های کیفی است که با رویکرد اکتشافی و در چارچوب روش پدیدارشناسی به روش تحلیل مضمون انجام شده است. تحلیل مضمون یکی از فنون تحلیلی مناسب در تحقیقات کیفی به‌شمار می‌رود که از آن می‌توان به‌خوبی برای شناخت الگوهای موجود در داده‌های کیفی استفاده کرد (Jafari et al., 2017; Kamali, 2018). این رویکرد دارای رویه‌های مختلف است که در این تحقیق از رویه King and Brooks (2018) براساس جمع‌بندی رویه‌های مختلف ارائه شده استفاده شده است. رویکرد فوق یکی از قوی‌ترین روش‌هایی است که قادر است قطعات گسسته و پراکنده را به روشی نظام‌مند در کنار هم سازمان داده و تصویری جامع ارائه دهد (Braun and Clarke, 2006). این رویه دارای سه مرحله کدگذاری توصیفی، کدگذاری تفسیری و یکپارچه سازی از طریق

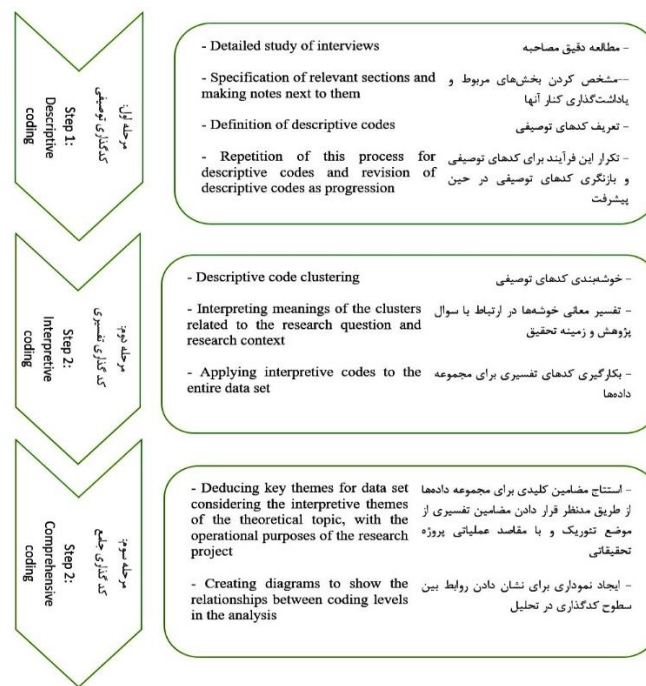
مضامین فراگیر است و فرآیند آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

انجام مصاحبه‌ها در بازه زمانی مهرماه تا اسفندماه ۱۴۰۱ انجام شد. مشارکت‌کننده‌ها در این پژوهش کارشناسان یگان حفاظت و مدیران ادارات منابع طبیعی شهرستان‌های رامیان، کلاله و گالیکش واقع در شرق استان گلستان بودند. براساس اصل اشباع نظری با تعداد ۲۱ نفر مصاحبه انجام شد. در مجموع حدود ۲۷ صفحه متن مصاحبه به‌دست آمد. این حجم از مطالب حدود ۶ هزار کلمه برای تحلیل داده‌های مرتبط با مؤلفه‌های جمع‌آوری اطلاعات فراهم کرد.

بر مبنای فرآیند سه مرحله‌ای تحلیل مضمون، در مرحله اول اقدام به کدگذاری توصیفی مصاحبه‌های انجام شد. در این مرحله ابتدا مصاحبه‌های انجام شده به ترتیب اجرا، پیاده‌سازی و سپس متن پیاده‌شده در نرم‌افزار MAXQDA مورد تحلیل قرار گرفت. در این مرحله با بررسی خط به خط و دقیق جملات مصاحبه‌ها، مضامین توصیفی به هر قطعه از جملات نسبت داده شد. در مرحله دوم فرایند تحلیل، با مقایسه مستمر و چندین باره کدهای توصیفی تولید شده در مرحله قبل، کدهای تفصیلی ایجاد شدند. برای تولید کدهای تفسیری چندین کد توصیفی در ذیل چتر یک کد تفسیری جمع شده و آن را تشکیل دادند. در مرحله سوم نیز مضامین شکل گرفته در مصاحبه‌ها تحت عنوان مقوله‌های اصلی سازمان یافتند. برای تعیین اعتبار در مصاحبه کیفی از معیارهای اعتبار تحقیقات کیفی لینکلن و گوبا استفاده شد (Graneheim and Lundman, 2004). طبق نظر محققین فوق چهار معیار:

- ۱- مقبولیت یا اعتبار، ۲- همسانی یا قابلیت اعتماد، ۳- تعیین یا تاییدپذیری، و ۴- انتقال‌پذیری برای اعتبار تحقیقات کیفی لازم است که در این پژوهش برای بررسی استحکام داده‌ها از این معیارها استفاده شد.

همچنین شبکه مضامین به منظور تسهیل تصویرسازی از مضامین، با هدف ادراک موضوع یا کشف معانی ایده به وسیله نرم افزار مکس کیودا ترسیم شد.



شکل ۱- فرآیند سه مرحله‌ای تحلیل مضمون

Figure 1. Summary of the three phases of thematic analysis

صورت گرفت، در مرحله اول به منظور انجام کدگذاری باز، اقدام به پیاده‌سازی محتوای کلیه مصاحبه‌ها و سپس کدگذاری آنها شد. در این مرحله از متن مصاحبه‌ها ۱۵۴ کد اولیه که قدرت مفهومی بیشتری داشتند استخراج شد. در جدول ۱، برای طولانی‌نشدن مقاله، سه نمونه از احصای کدهای اولیه از مصاحبه‌های مختلف نشان داده شده است.

نتایج

آنچه در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفت، نگاهی از درون به عوامل موثر بر وقوع جرم با استناد به دیدگاه‌های کارشناسان یگان حفاظت و مدیران منابع طبیعی شهرستان‌های نواحی شرقی استان گلستان است. در این تحقیق که از نوع کیفی و به روش پدیدارشناسی

جدول ۱- نمونه احصای کدهای اولیه از مصاحبه‌ها

Table 1. An example of the initial codes from the interviews

کد اولیه Initial code	نمونه مصاحبه Sample interview
نبود قانون و ماده قانونی Absence of law and legal provision	برای مثال تعریف و چرای دام در جنگل تخلف محسوب می‌شود و مشمول جریمه می‌باشد ولی برای چرای گوسفند و گاو قانون تعریف نشده و تخلف محسوب نمی‌شود و به نوعی ماده قانونی ندارد.

For example, grazing of livestock in the forest area is considered a violation and is subject to a fine, but for sheep and cattle grazing, the law is not defined and is not considered a violation, and it does not have a legal provision.

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

کد اولیه Initial code	نمونه مصاحبه Sample interview
وجود گلوگاه‌های فساد The existence of bottlenecks of corruption	کرم از خود درخت هست (اشاره به وجود نیروهای فاسد در دستگاه). The worm is from the tree itself (referring to the presence of corrupt forces in the system).
بیکاری Unemployment	فردی که بیکار هست و شغلی ندارد، می‌بیند که راحت‌ترین و کم خطرترین راه برای تامین معاش خانواده همین منابع طبیعی و جنگل است. A person who is unemployed and doesn't have a job, sees that the easiest and least dangerous way to provide for her family's livelihood is the natural resources and the forest.

نشان می‌دهد عوامل قانونی مؤثر بروز جرم از هشت مقوله فرعی نبود قانون و ماده قانونی (نقص و به روز نبودن قانون)، عدم برخورد قاطع با متخلفین (خم شدن قانون به سمت مردم)، حجم بالای پرونده‌های قضایی و فرآیند دادرسی طولانی، عدم امکان شکایت از دستگاه‌های دولتی متخلف، عدم وحدت رویه در برخورد با متخلفین، سخت شدن شرایط اثبات جرم، تورم قانونی و دانش کم برخی از قضات و عدم همخوانی جرایم با تعرفه جدید (عدم بازدارندگی) تشکیل شده است. در جدول ۲ فراوانی کدهای اولیه به تفکیک مضمون اصلی عامل‌های قانونی بروز جرم ارائه شده است.

در گام بعد با تعیین شباهت‌ها و تفاوت‌ها، ۲۱ مقوله فرعی شناسایی شدند. سپس مقوله‌های فرعی دارای بیشترین قرابت معنایی و مفهومی کنار یکدیگر قرار گرفتند و مضامین سازمان‌دهنده (اصلی) از آنها احصا شد، که دربرگیرنده دو مضمون کلی عوامل فرابخشی مشتمل بر سه مضمون فرعی عوامل قانونی، عوامل اقتصادی و عوامل اجتماعی و فرهنگی و عوامل بخشی است.

عوامل فرابخشی (برون سازمانی)

عوامل قانونی مؤثر در بروز جرم

یکی از حوزه‌هایی که بروز رفتارهای غیرقانونی، بزهکارانه و مجرمانه در آن به وفور دیده می‌شود حوزه منابع طبیعی است. بررسی مصاحبه‌ها در این پژوهش

جدول ۲- فراوانی کدهای اولیه به تفکیک مضمون اصلی عوامل قانونی بروز جرم

Table 2. Frequency of initial codes agreeing to the main theme of the legal factors of crime

رتبه Rate	فراوانی کدهای اولیه Frequency of initial codes	مضامین پایه Basic themes	مضامین سازمان‌دهنده Organizer themes
3	7	نبودن قانون و ماده قانونی (نقص و به روز نبودن قانون) Absence of law and legal article (deficiency and lack of updating of the law)	عوامل قانونی Legal factors
2	9	عدم برخورد قاطع با متخلفین Not dealing decisively with law breaker	

رتبه Rate	فراوانی کدهای اولیه Frequency of initial codes	مضامین پایه Basic themes	مضامین سازمان دهنده Organizer themes
1	14	حجم بالای پرونده‌های قضایی و فرآیند دادرسی طولانی A large number of court cases and Procrastination of proceedings	
ادامه جدول ۲. Continued table 2.			
6	3	عدم امکان شکایت از دستگاه‌های دولتی متخلف Inability to file a complaint against corrupt government agencies	
6	3	عدم وحدت رویه در برخورد با متخلفین Lack of unity of procedure in dealing with offenders	
4	5	سخت شدن شرایط اثبات جرم Hardening the conditions for proving a crime	عوامل قانونی Legal factors
5	4	تورم قانونی و دانش کم برخی از قضات Swelling in laws and little knowledge of some judges	
4	5	عدم همخوانی جرایم با تعرفه جدید (عدم بازدارندگی) Incompatibility of crimes with the new tariff (lack of deterrence)	
-	50		جمع Total

سنگین را در ترس قضات از شکسته شدن حکم در دادگاه تجدید نظر می‌داند. همچنین پاسخگویان ترس از اثرها و تبعات اجتماعی آرای قضایی را از جمله دلایل صدور آرای ضعیف نسبت به متخلفین اعلام کرده‌اند. همچنین مصاحبه‌شوندگان معتقدند بخش عمده‌ای از جرایم و تجاوزات به حریم منابع طبیعی توسط ادارات و نهادهای دولتی انجام می‌شود، مانند استفاده از اراضی به‌عنوان میدان تیر، میدان مانور، سایت انباشت زباله و غیره پاسخگویان وجود بخشنامه درخصوص رسیدگی و حل و فصل اختلافات بین دستگاه‌های دولتی را به‌عنوان یکی از موارد مؤثر بر بروز تخلفات منابع طبیعی از سوی دیگر ارگان‌ها و نهادها یاد کردند (اشاره به آیین‌نامه چگونگی رفع اختلاف بین دستگاه‌های اجرایی از طریق ساز و کارهای داخلی قوه مجریه شماره ۲۱۲۷۶۷/ت/۳۷۵۵۰ مورخ ۱۳۸۶/۱۲/۲۷ معاون ریاست جمهوری). تورم قانونی و

در بین مقوله‌های تبیین‌کننده عامل‌های قانونی بروز جرم، مقوله فرعی حجم بالای پرونده‌های قضایی و فرآیند دادرسی طولانی با دارا بودن ۱۴ تکرار بیشترین مقدار تکرار را در بین عوامل هشت‌گانه به‌خود اختصاص داده است. مقوله‌های فرعی عدم برخورد قاطع با متخلفین (خم شدن قانون به سمت مردم) و نبود قانون و ماده قانونی (نقص و به روز نبودن قانون) به ترتیب با نه و هفت تکرار رده‌های دوم و سوم را به خود اختصاص داده‌اند. پاسخگویان معتقدند مراجع قضایی رسیدگی‌کننده به جرایم مرتبط با حوزه منابع طبیعی اغلب به سمت مردم خم شده (جانب‌گیری دارند) و گاهی برخورد جدی، قاطع و مؤثر با متخلفین انجام نمی‌شود. مصاحبه‌شوندگان بخشیده شدن مجرمان را امری رایج که به یک فرهنگ تبدیل شده است. یکی از پاسخگویان دلیل عدم برخورد قاطع با متخلفان و عدم صدور آرای

همخوانی تعرفه‌های در نظر گرفته شده با جرایم صورت انجام شده به گونه‌ای که تعرفه‌ها فاقد توانایی در بازدارندگی وقوع جرم بوده و مجرمین تمایل به تکرار جرایم دارند.

عوامل اقتصادی مؤثر در بروز جرم

عوامل اقتصادی مؤثر بر بروز جرم مشتمل بر چهار مقوله فرعی فقر معیشتی مردم و شکننده بودن اقتصاد خانوارها، وجود تقاضای بازار و عدم تأمین آن از طریق قانونی، با ارزش شدن اراضی و بیکاری است. در جدول ۳ فراوانی کدهای اولیه به تفکیک مضمون اصلی عامل - های اقتصادی مؤثر بر بروز جرم ارائه شده است.

ناآشنایی قضات با مسائل منابع طبیعی یکی از دلایل بروز مشکل در برخورد با جرایم منابع طبیعی است. تصویب قوانین پی‌درپی، جرم‌انگاری‌های بی‌رویه و انباشت و تورم قانونی نتیجه‌ای جز سردرگمی قضات در محاکم قانونی را به دنبال نخواهد داشت و نه تنها افراد عادی بلکه حتی حقوق‌دانان، محاکم و مقامات قضایی نیز در تشخیص قوانین نسخ‌کننده و منسوخ با ابهام و مشکل روبه‌رو می‌شوند. پاسخگویان دانش برخی از قضات بررسی‌کننده پرونده‌های مرتبط با منابع طبیعی را پایین دانسته و معتقدند قضات با منابع طبیعی و کارکردهای آن آشنایی کامل ندارند. از جمله مواردی که شرکت‌کنندگان در تحقیق مطرح کردند، موضوع عدم

جدول ۳- مفاهیم و مقوله‌های فرعی عوامل اقتصادی مؤثر بر بروز جرم

Table 3. Frequency of initial codes agreeing to the main theme of the economic factors of crime

رتبه Rate	فراوانی کدهای اولیه Frequency of initial codes	مضامین پایه Basic themes	مضامین سازمان دهنده Organizer themes
1	14	فقر معیشتی مردم و شکننده بودن اقتصاد خانوارها Poverty and instability of household economy	
3	5	وجود تقاضای بازار و عدم تأمین آن از طریق قانونی Market demand and its lack of legal provision	عوامل اقتصادی
4	3	با ارزش شدن اراضی Increasing the value of land	Economic factors
2	6	بیکاری Unemployment	
-	28		جمع Total

فقر واقعی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی است که از قدیم از جمله بزرگترین مشکلات جوامع انسانی بوده که با تبدیل و تغییر انگیزه‌های بقا به اعمال انسانی، شرایط تخریب منابع طبیعی را فراهم می‌آورد. بررسی‌ها بیانگر آن است که بین مقدار فقر جوامع و تخریب منابع طبیعی ارتباط مستقیمی وجود دارد. اغلب ساکنین و استفاده‌کنندگان از منابع طبیعی از شرایط

با توجه به جدول فوق از میان عامل‌های اقتصادی بروز جرم مقوله فقر معیشتی مردم و شکننده بودن اقتصاد خانوارها با ۱۴ تکرار رتبه اول را در بین مقوله‌های استنتاج شده به خود اختصاص داده است. مضامین فرعی بیکاری و وجود تقاضای بازار و عدم تأمین آن از طریق قانونی با شش و پنج تکرار در رده‌های بعدی قرار دارند.

کارخانه‌های چوب و کاغذ را با مشکل مواجه کرده است.

عوامل فرهنگی و اجتماعی موثر در بروز جرم

سومین مضمون تبیین‌کننده عامل‌های فرابخشی بروز جرم زیر مضمون اجتماعی- فرهنگی موثر بر وقوع جرم می‌باشد که از دو مقوله فرعی فشارهای سیاسی و برداشت نادرست برخی از مسئولان از مباحث علمی حفاظت منابع طبیعی و ضعف فرهنگ محیط‌زیستی (منابع طبیعی) تشکیل شده است، که در این میان مقوله فشارهای سیاسی و برداشت نادرست برخی از مسئولان از مباحث علمی حفاظت منابع طبیعی با ۱۱ بار تکرار (۶۸/۷۵ درصد) بیشترین تکرار را به خود اختصاص داده است. در جدول ۴ فراوانی کدهای اولیه به تفکیک مضمون اصلی عوامل اجتماعی- فرهنگی موثر بر بروز جرم ارائه شده است.

جدول ۴- مفاهیم و مقوله‌های فرعی عوامل فرهنگی و اجتماعی موثر بر بروز جرم

Table 4. Frequency of initial codes agreeing to the main theme of the socio-culture factors of crime

رتبه Rate	فراوانی کدهای اولیه Frequency of initial codes	مضامین پایه Basic themes	مضامین سازمان‌دهنده Organizer themes
2	5	ضعف فرهنگ محیط‌زیستی Weakness of environmental culture	عوامل فرهنگی و اجتماعی Socio-culture factors
1	11	فشارهای سیاسی و برداشت نادرست مسئولان از مباحث علمی Political forces and officials' wrong understanding of scientific subjects	
-	16		جمع Total

مصاحبه‌های انجام‌شده بیانگر این موضوع است که از دیدگاه پاسخگویان فرهنگ مناسبی در حفاظت از منابع طبیعی در جامعه وجود ندارد. تفرج غیر مسئولانه، تخریب زیستگاه‌ها، چرای خارج از زمان معین و چرای دام در جنگل از جمله موارد مطرح شده است. از دیدگاه کارشناسان متاسفانه با وجود شعارهای مطرح‌شده، راه

اقتصادی نامناسب و شکننده‌ای برخوردار هستند که این موضوع، روند تخریب منابع طبیعی از سوی این جوامع افزایش داده است. پاسخگویان به اجماع نقش عوامل اقتصادی از قبیل تورم و گرانی بی‌سابقه، و همچنین بیکاری را از جمله عوامل موثر بر بروز جرایم قلمداد کردند. از دیگر دلایل مهم در بروز تخلفات مرتبط با منابع طبیعی، موضوع تصرف اراضی است. تمایل افراد به فرار از هیاهوی زندگی شهری و دارابودن خانه دوم، در کنار مهاجرت‌های اقلیمی از دیگر استان‌ها، افزایش تقاضای زمین و به دنبال آن رشد قیمت آن را به دنبال داشته است. این موضوع، دست‌اندازی به عرصه‌های منابع طبیعی را بیشتر از پیش کرده است. همچنین بنا بر نظر پاسخگویان اجرای طرح تنفس جنگل و تعطیل کردن طرح‌های جنگلداری عملاً تامین بخشی از نیاز

پاسخگویان و مصاحبه‌شوندگان این پژوهش اغلب برخورد مسئولان با مسایل مرتبط با محیط زیست را نادرست و نشأت گرفته از فشارهای سیاسی وارد شده از سوی دیگر بخش‌ها اعلام می‌نمایند. وجود تفکر جزیره‌ای و انتظار از منابع طبیعی برای پاسخگو بودن نسبت به نیاز دیگر دستگاه‌ها را از مشکلات و چالش‌های پیش‌روی منابع طبیعی قلمداد می‌کنند. بررسی

درازی تا تبدیل شدن فرهنگ حفاظت از منابع طبیعی به بخشی از فرهنگ عمومی جامعه باقی مانده است. عوامل درون سازمانی (بخشی)

وجود گلوگاه‌های فساد، عدم فرهنگ‌سازی و ضعف در آموزش منابع طبیعی، کمبود اعتبار به منظور طرح دعوی حقوقی در محاکم قضایی، ضعف بخش حقوقی در ادارات منابع طبیعی، اجرای طرح‌های مدیریتی بدون انجام پژوهش‌های جامع و ساختار حاکمیتی نامناسب است. در جدول ۵ مفاهیم و مقوله‌های فرعی عوامل درون سازمانی بروز جرم ارائه شده است.

عوامل‌های درون-سازمانی مشتمل بر هشت مقوله فرعی عدم حمایت از نیروهای حفاظتی توسط مراجع قانونی، ناکافی بودن منابع انسانی متخصص مناسب در امر حفاظت، عدم پشتیبانی کافی از نیروهای حفاظتی،

جدول ۵- مفاهیم و مقوله‌های فرعی عوامل درون سازمانی بروز جرم

Table 5. Frequency of initial codes agreeing to the main theme of the Inside organization factors of crime

رتبه Rate	فراوانی کدهای اولیه Frequency of initial codes	مضامین پایه Basic themes	مضامین سازمان دهنده Organizer themes
2	12	عدم حمایت از نیروهای حفاظتی توسط مراجع قانونی Lack of support from forest protection forces by legal authorities	عوامل درون سازمانی Inside organization factors
1	15	ناکافی بودن منابع انسانی متخصص مناسب در امر حفاظت Insufficient human resources of appropriate experts in the matter of protection	
7	3	عدم پشتیبانی کافی از نیروهای حفاظتی Absence of sufficient support from protection forces	
5	5	وجود گلوگاه‌های فساد Bottlenecks of corruption	
3	8	عدم فرهنگ‌سازی و ضعف در آموزش منابع طبیعی Weakness in culture and education of natural resources	
7	3	کمبود اعتبار به منظور طرح دعوی حقوقی در محاکم قضایی Low credit for filing legal claims in courts	
6	4	ضعف بخش حقوقی در ادارات منابع طبیعی Weakness of the legal department in natural resources offices	
6	4	اجرای طرح‌های مدیریتی بدون انجام پژوهش‌های جامع Implementation of management plans without conducting integrated studies	
4	6	ساختار حاکمیتی نامناسب Unsuitable governance structure	
-	60		

بررسی عوامل بخشی (درون‌سازمانی) مؤثر بر وقوع جرم نشان داد زیر مقوله‌های ناکافی بودن منابع انسانی متخصص مناسب در امر حفاظت و عدم حمایت از نیروهای حفاظتی توسط مراجع قانونی به ترتیب با

۱۵ و ۱۲ تکرار بیشترین اهمیت را در بین مقوله‌های هشت‌گانه به‌خود اختصاص داده‌اند. مقوله عدم فرهنگ‌سازی و ضعف در آموزش منابع طبیعی با هشت تکرار رتبه بعدی (سوم) را دارا است. از جمله مسائل و مشکلات مطرح شده در مصاحبه‌ها، کمبود اعتبار و یا عدم تخصیص به‌موقع آن به‌منظور طرح دعاوی حقوقی در محاکم قضایی است. قابل ذکر است که عدم پرداخت هزینه دادرسی زمینه تعرض عده‌ای سودجو به منابع طبیعی را فراهم می‌کند. بر مبنای بند ب ماده ۲۹ قانون آیین دادرسی کیفری مصوب ۱۳۹۲، کشف و تعقیب جرایم ذکر شده در قانون حفاظت و بهره‌برداری از جنگل‌ها و مراتع (مصوب ۱۳۴۶)، برعهده نیروهای سازمان جنگل‌ها و مراتع بوده و مأمورین منابع طبیعی بر اساس ماده ۵۴ قانون فوق‌الذکر در حوزه مأموریت تصریح شده در ردیف ضابط خاص دادگستری به‌شمار می‌روند. از جمله مشکلات موجود، عدم امکان اطلاق ضابط قضایی توسط نیروهای شرکتی که بخش عمده‌ای از نیروهای حفاظتی را تشکیل می‌دهند، است. یکی دیگر از مشکلات مطرح شده توسط پاسخگویان، ضعف واحد حقوقی ادارات منابع طبیعی است به‌گونه‌ای که در بسیاری از موارد مشکلات عدیده‌ای را به‌وجود آورده است. عدم توجه کامل به مسائل در هنگام عقد قراردادهای افزایش ارزش اراضی، سبب شده است تا روستاییان با استفاده از ضعف‌های موجود در قرارداد مجدداً اراضی فروخته شده را متصرف شوند. کارشناسان معتقدند در حال حاضر و با توجه به تجربیات کسب شده در طول سالیان مشکلات حقوقی کمتر شده و دقت بیشتری در عقد قراردادهای انجام می‌شود.

تجمع وظایف حفاظت و احیاء منابع طبیعی و بهره‌برداری از منابع طبیعی با فعالیت‌های دامپروری، زراعت و باغبانی در قالب وزارت جهاد کشاورزی از

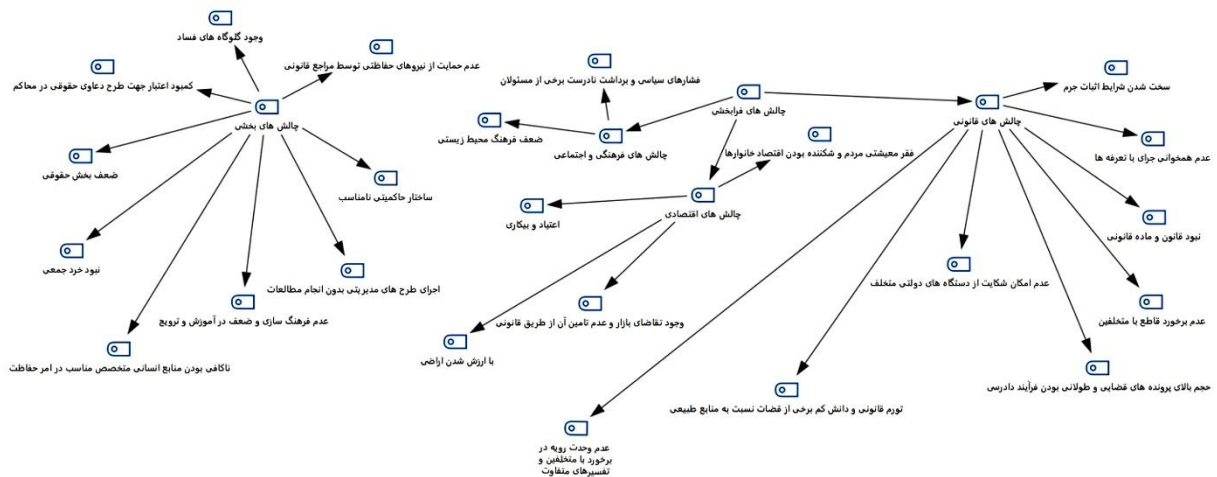
جمله موارد مطرح شده است که این موضوع مشکلات متعددی را به‌دنبال داشته و با وظایف اصلی منابع طبیعی در تناقض است. مصاحبه‌شوندگان اجرای طرح‌های مدیریتی بدون انجام پژوهش‌های جامع و کارشناسی را از عوامل مؤثر در بروز جرم در منابع طبیعی برشمردند. از آن جمله می‌توان به اجرای ناقص طرح صیانت از جنگل‌ها اشاره کرد که گسترش قاچاق چوب از نواحی جنگلی را به‌دنبال داشته است. شرکت‌کنندگان در مصاحبه به وجود گلوگاه‌های فساد در ساختار منابع طبیعی اذعان داشته، اما معتقدند تخلفات انجام‌شده سازماندهی شده نیست. پاسخگویان دلایل متعددی از قبیل درآمد پایین نیروهای حفاظتی در کنار پرداخت نامنظم حقوق و سودجویی برخی از کارکنان را از جمله دلایل این موضوع برشمردند.

عدم اختصاص بودجه کافی در کنار تخصیص دیر هنگام آن، همچنین فراهم‌سازی امکانات مناسب و به‌روز را با مشکل مواجه کرده است، به‌گونه‌ای که در موارد متعددی نیروهای حفاظت از منابع طبیعی در موضع ضعیف‌تری نسبت به متخلفین قرار دارند. همچنین کمبود نیروهای با تجربه و با توان علمی بالا سبب شده بسیاری از پرونده‌ها از روند پیگیری قانونی خود خارج شود و نهایتاً نتیجه مطلوب حاصل نشود. پاسخگویان، تعداد کم نیروهای حفاظتی در کنار سطح وسیع عرصه‌های منابع طبیعی را به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل مطرح کردند. به‌عنوان نمونه در منطقه رامیان با وجود عرصه چهار هزار هکتاری، تنها ۳۵ نیروی حفاظتی مشغول به فعالیت بوده که از این تعداد بخش قابل‌توجهی در بخش‌های اداری به‌کارگیری شده‌اند. در شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب ابر و ازگان مضامین مطرح‌شده در تحقیق و نگاشت واژگان متداول در مصاحبه‌ها با استفاده از مکس کیودا ارایه شده است.



شکل ۲- ابر واژگان مضامین مطرح شده در تحقیق

Figure 2. Word cloud of brought of themes in research



شکل ۳- نگاشت واژگان متداول در مصاحبه‌ها با استفاده از نرم‌افزار مکس کیودا
Figure 3. Mapping frequent words in interviews using MAXQDA

طبیعی آنچنان مورد توجه مدیران و پژوهشگران بخش منابع طبیعی نبوده است و دستگاه قضا نیز کارکرد موفق در موضوع منابع طبیعی کشور نداشته است، این نتایج با نتایج (Dabiri et al. 2010) هم‌راستا است. براساس نتایج تحقیق فقر و تخریب منابع طبیعی با هم رابطه مستقیم داشته به طوری که با افزایش مقدار فقر، تخریب منابع طبیعی و محیط زیست نیز افزایش می‌یابد و این رابطه به صورت یک چرخه عمل می‌کند. تخریب منابع طبیعی توسط روستاییان فقیر را از سه منظر فقر مادی،

ببحث معمولاً در مسیر توسعه و پیشرفت کشور، منابع طبیعی و محیط زیست آسیب‌پذیرترین بخش آن است؛ در کشور ایران نیز تخریب و تصرف منابع طبیعی از گذشته تاکنون روند صعودی داشته و در حال حاضر حوزه منابع طبیعی بیشترین تعداد پرونده را در محاکم قضایی دارد. با وجود اهمیت و جایگاه مسائل قضائی و حقوقی در سرنوشت منابع طبیعی هم‌تراز با موضوعات علمی و مدیریتی، متأسفانه موضوعات قضائی و حقوقی منابع

مقوله متناسب نبودن مجازات با جرم و عدم تناسب میان جرایم و ناکافی بودن مجازات‌ها نیز از جمله مقوله‌های مطرح شده توسط شرکت کنندگان در تحقیق است، از این رو پیشنهاد می‌شود مجازات‌های متناسب توسط قانون‌گذار با کار کارشناسی و تخصصی به‌منظور بازدارنده کردن مجازات‌ها انجام شود. افزایش جریمه‌های نقدی در طول زمان با توجه به نرخ تورم و سنجه‌های اقتصادی از اقدامات ضروری به‌شمار می‌رود.

تشکر و قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد است. بدینوسیله، نویسندگان از حمایت‌های مالی دانشگاه گنبدکاووس برای تامین هزینه‌های پایان‌نامه، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

- Abdollahi, F.; Banj Shafiei, A.; Beygi Heidarlou, H.; Mousavi Mirkala, S. R. Analysis of forest stakeholders' attitudes toward participatory management in the Sardasht forests, Iranian northern Zagros. *Forest Research and Development*, **2024**. 9 (4), 437-461. (In Persian)
- Ahmadi, A. The Role of Judicial Criminal Policies in Protecting Natural Resources (Based on the Viewpoints of Judges). *Majlis and Rahbord*, **2021**. 28 (107), 31-58. (In Persian)
- Alaaldinvasandi, A. The affective factors on pastures destruction and identifying its protection approaches. *Journal of Space and Place Studies*, **2021**. 20 (20), 71-90. (In Persian)
- Alinezhad, A.; Abbasi, A.; Esmaeli, M.; Nabipour, M., Iran's criminal policy against crimes against national environmental resources. *Political Sociology of Iran*, **2022**. 5 (12), 3008-3030. (In Persian)
- Bazgir, M.; Hydari, M.; Zeynali, N.; Kohzadean, M., Effect of Land Use Change from Forest to Agriculture and Abounded of Agriculture on Soil Physical and Chemical Properties in Zagros Forest Ecosystem. *Journal of Environmental Science and Technology*, **2020**. 22 (1), 201-214. (In Persian)

فقر فرهنگی و فقر دانشی می‌توان مورد بررسی قرار داد، این بخش از نتایج هم‌راستا با نتایج Farajollahi et al. (2021) و Mahmoodi Janaki and Askari Kamehri (2021) است. از جمله مقوله‌های مطرح‌شده توسط کارشناسان می‌توان به مقوله تورم قانونی اشاره کرد. وضع قوانین پی‌در پی، جرم‌انگاری‌های بی‌رویه و تورم قانونی موجبات سردرگمی قضات محاکم را به دنبال داشته است، از جمله راهکارها در حوزه تورم قانونی و عدم انسجام قوانین، می‌توان به جامع و کامل شدن قوانین مرتبط با حوزه منابع طبیعی و ملغی کردن قوانین کهنه و قدیمی به‌منظور کاهش سردرگمی قضات و به‌دنبال آن جلوگیری از اطاله دادرسی اشاره کرد. در این بین آموزش قضات و آشنا کردن آنان با قوانین حوزه منابع طبیعی نیز می‌تواند نقش به‌سزایی را ایفا نماید.

- Beiranvand, A.; Asgari, M.; Javanmiri Pour, M.; Khaki Pour, L.; Etemad, V., The study of causes and factors of illegal logging in Caspian Forests. *Iranian Journal of Forest*, **2023**. 15 (2), 35-51. (In Persian)
- Braun, V.; Clark, V., Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, **2006**. 3 (2), 77-101.
- Brisman, A.; South, N., Green Criminology and Environmental Crimes and Harms, *Sociology Compass*, **2018**. 13 (1), e12650.
- Dabiri, F.; Nassiri, P.; Ahan Robaee, N., A Comparative Analysis of the Legal Status of Noise Pollution in Iran and Some Asian Countries. *Human and Environment*, **2010**. 8 (3), 11-17. (In Persian)
- Di Ronco, A.; Allen-Robertson, J.; South, N., Representing environmental harm and resistance on Twitter: The case of the TAP pipeline in Italy. *Crime, Media, Culture*, **2018**. 15 (1), 143-168.
- Farajollahi, A.; Islami, I.; Ashtari Mehrjardi, A., Analysis of the relationship between economic poverty and degradation of natural resources. *Journal of Social Problems of Iran*, **2021**. 11 (2), 341-361. (In Persian)
- Faramarzi, H., Socioeconomic assessment of organizing and livestock out of the forests and aggregating dispersed woodman families' projects. *Natural Ecosystems of Iran*, **2015**. 5 (4), 77-94. (In Persian)

- Fischer, R., Giessen, L., Günter, S., Governance effects on deforestation in the tropics: a review of the evidence. *Environmental Science & Policy*, **2020**. *105*, 84-101.
- Gharavi, S.; Behmanesh, B.; Tahmasebi, A., Namvar, E., An analysis of strategies to prevent land use change and the tenure of rangelands from the perspective of experts in the city of Gonbad-e-Kavous. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, **2023**. *30* (2), 302-317. (In Persian)
- Ghobadi, L.; Moameri, M., Factors affecting on rangelands degradation among ranchers in Namin County's rural areas. *Space Economy & Rural Development*, **2021**. *10* (36): 213-234. (In Persian)
- Graneheim, U.H.; Lundman, B., Qualitative content analysis in nursing research: concepts, procedures and measures to achieve trustworthiness. *Nurse Education Today*, **2004**. *24* (2), 105-112.
- Heineman, K.D.; Caballero, P.; Morris, A.; Velasquez, C.; Serrano, K.; Ramos, N.; Gonzalez, J.; Mayorga, L.; Corre, M.D.; Dalling, J.W., Variation in Canopy Litter fall along a Precipitation and Soil Fertility Gradient in a Panamanian Lower Montane Forest. *Biotropica*, **2015**. *47* (3), 300-309. (In Persian)
- Jafari, H.; Ahmadian, M.A.; Tarhani, A. Production of Medical Plants an Approach to sustainable Rural Economy (Case study: Villages of Quchan County). *Journal of Rural Research and Planning*. **2017**. *6* (1). 173-187. (In Persian)
- Jannatichenar, M.A.; Kolahi, M.; Mesdaghi, M., Social Conflicts and Rangeland Management: A Case Study at Rangelands of Kalatnader County, Iran. *Iranian Journal of Applied Ecology*, **2020**. *9* (3), 77-97. (In Persian)
- Kamali, Y. Methodology of Thematic Analysis and its Application in Public Policy Studies. *Public Policy*, **2018**. *4* (2), 189-208. (In Persian)
- Karami, E. A.; Keshavarz, M., Natural Resources Conservation: The Human Dimensions. *Iranian Agricultural Extension and Education Journal*, **2016**. *11* (2), 101-120. (In Persian)
- Keyvan behju, F.; Ghanbari, S.; Moradi, G. Study on production amount and importance of forest byproducts in forest household's income at Rudsar, Guilan Province, Case study: Medlar (*Mespilus germanica*) fruit. *Forest Research and Development*, **2017**. *3* (2), 147-162. (In Persian)
- King, Nigel, Joanna Brooks, and Christine Horrocks. *Interviews in Qualitative Research*. 2018, 1-360.
- Levesque, V.R.; Calhoun, A.J.K.; Bell, K.P.; Johnson, T.R., Turning contention into collaboration: engaging power, trust, and learning in collaborative networks, *Society & Natural Resources*, **2017**. *30* (2), 245-260.
- Mahmoodi Janaki, F.; Askari Kamehri, R., Criminological Analysis of Deforestation and Seizure of Natural Resources with a Preventive approach (Case study: Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province). *Journal Crime Prevention Approach*. **2021**. *2* (3): 43-72. (In Persian)
- Mahmoudi, B.; Eshaghi Milasi, F., Investigation of Violations Related to Natural Resources in Lordegan Township - Sardasht Customary Region. *Iranian Journal of Forest*, **2022**. *13* (4), 437-449. (In Persian)
- Mohammadi Ostadkelayeh, A.; Tahmasebi, A.; Kashani, M.; Keshavarz, M., Assessing stakeholder perceptions of natural resource management alignment with good governance indices: a case study of the eastern region of Golestan Province. *Forest Research and Development*, **2024**. *9* (4), 515-533. (In Persian)
- Norouzi, A.; Mahdavi, D.; Badrizadeh, Z., Evaluating the performance of village administrations using the framework of rural good governance indicators (a case study: rural areas in central district of Isfahan county). *Journal of Rural Research*, **2017**. *8* (4), 649-662. (In Persian)
- Rabani, H.; Jalalian, A.; Pournouri, M., Typology of environmental crimes in Iran (case study: crimes related to environmental pollution). *Anthropogenic Pollution*, **2020**. *4* (2), 78-83.
- Roba, I.L.; Dube, E. E.; Beyene, D. L., Resettlement and its impacts on land use land cover change in Nansebo district, Ethiopia. *GeoJournal*, **2021**. 1-19.
- Roudgarami, P.; Anssari, N.; Farhani, E., Determining effective socio-economic factors on degradation of natural resources in Tehran province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, **2011**. *18* (1), 151-171. (In Persian)

- Salarian, F.; Tatian, M.; Ghanghermeh, A.; Tamartash, R., Modeling land cover changes in Golestan province using land change modeler (LCM). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, **2021**. 12 (4), 47-70. (In Persian)
- Salehzadeh, O.; Eshaghi-Rad, 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)
- Savari, M.; Eskandari, H.; Avazpoor, L., Strategies for sustainable use of rangelands applicable for local Communities Case of: Kerman County. *Journal of Rangeland*, **2019**. 13 (2). 319-336. (In Persian)
- Schua, K.; Wende, S.; Wagner, S.; Feger, K., Soil Chemical and Microbial Properties in a Mixed Stand of Spruce and Birch in the Ore Mountains (Germany)-A Case Study. *Forests*, **2015**. 6 (6). 1949-196.
- Shekarbeigi, A.; Khoeini, Q. Criminal Policy in Social Prevention of Natural Resources and National Lands. *Journal of Studies in Islamic Law & Jurisprudence*, **2018**. 10 (19), 185-218. (In Persian)

Analysis of factors contributing to the occurrence of crime in natural resources: a thematic analysis

Habibollah Jahed¹, Amin Mohammadi Ostadkalayeh^{*2}, Abolfazl Tahmasebi³ and Hamideh Pahlavanzadeh⁴

1- Graduated in Range Management, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, I. R. Iran. (habib_jahd@yahoo.com)

2- Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, I. R. Iran. (aminmohammadi@gonbad.ac.ir)

3- Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, I. R. Iran. (ab_tahmasebi@gonbad.ac.ir)

4- Independent researcher, Graduated in Environmental Design Engineering, University of Tehran. I. R. Iran. (hphpahlavan@gmail.com)

Received: 25 October 2023

Accepted: 14 April 2024

Abstract

Background and objectives: Natural resources are fundamental to human life. Today, natural resource areas are considered a key component of sustainable development programs in various countries. The degradation of natural resources and their overexploitation are major challenges facing development programs, leading many human settlements towards unsustainability. Research indicates that 87% of natural resource degradation factors in the country are human-induced, while only 13% are natural. Golestan Province, with an area of 20,367 square kilometers in northern Iran, is experiencing ecosystem degradation. The high incidence of crimes against natural resources in Golestan Province and their widespread destruction highlight the need for a thorough examination of the causes of these crimes and strategies to prevent them. This will help improve natural resource management in Golestan. Although limited research has been done on the causes of crimes in natural resources, this qualitative study aims to analyze these causes for the first time using thematic analysis.

Material and Methods: This research is qualitative and applied, using a thematic analysis approach. Interviews were conducted from October 2022 to March 2023 with experts from the protection units and managers of natural resource departments in the Ramian, Kallaleh, and Galikesh counties in eastern Golestan Province. According to the principle of theoretical saturation, 21 interviews were conducted, resulting in approximately 27 pages of interview text, providing about 6,000 words for data analysis. To achieve the study's main objective, the three-stage content analysis process by King et al. (2018) was used to examine the challenges related to natural resource crimes. In the first stage, open coding was performed on the content of all interviews, resulting in 154 initial codes with the strongest conceptual significance. In the next stage, 21 sub-themes were identified by recognizing similarities and differences. Sub-themes with the greatest semantic and conceptual similarity were grouped together, and organizing themes (main themes) were counted. Finally, the MAXQDA20 software was used to create a schematic network.

Results: According to the study results, factors affecting the occurrence of crimes can be categorized into two main topics: cross-sectional factors and sectional factors. Cross-sectional factors include three subtopics: "Legal Factors," "Economic Factors," and "Social and Cultural Factors." Among the legal factors, "High volume of judicial cases and long judicial procedures" with 14 occurrences was the most cited. Sub-factors "Lack of decisive action against offenders" and "Lack of legal regulations (deficient and outdated laws)" followed with 9 and 7 occurrences, respectively. Among economic factors, "Poverty and economic fragility of households" with 14 occurrences was the most cited, followed by "Unemployment" and "Market demand without legal foresight" with 6 and 5 occurrences, respectively. The third cross-sectional topic is cultural-social factors affecting crime occurrence, consisting of two

* Corresponding author

Tel: +989111433032

sub-factors: "Political pressure and incorrect perceptions by officials regarding scientific issues related to natural resource protection" and "Lack of environmental cultural awareness." The sub-factor "Political pressure and incorrect perceptions by officials" had 11 occurrences. Analysis of organizational factors affecting crime occurrence revealed that "Insufficient human resources for protection" and "Lack of legal support for protective forces" were the most important with 15 and 12 occurrences, respectively.

Conclusion: Controlling crimes and social anomalies in the realm of natural resources and national lands requires appropriate policymaking at legislative, executive, and judicial stages. The results of interviews with natural resource experts and managers in the eastern counties of Golestan Province reveal significant challenges related to natural resource crimes and their management. These challenges require the identification of solutions, which are currently under investigation.

Keywords: Crime, Natural resources, Golestan province, Theme analysis.

بررسی رفتارهای محیط‌زیستی شهروندان با استفاده از نظریه ارزش-عقیده-هنجار (بررسی موردی: جنگل‌های شهری خرم‌آباد)

پروانه محمدی^۱، رحیم ملک‌نیا^{۲*} و مهدی رحیمیان^۳

۱- دانشجوی دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (parvanemohammadi1@yahoo.com)

۲- دانشیار، گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (maleknia.ir@lu.ac.ir)

۳- دانشیار، گروه توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران. (rahimian@lu.ac.ir)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۴

چکیده

مقدمه و هدف: رفتار محیط‌زیستی افراد تحت تاثیر عوامل انسانی و محیطی متفاوتی قرار دارد و از این‌رو در بین افراد و محیط‌های مختلف، متفاوت است. درک این رفتار، نیاز به بررسی دقیق و نزدیک موقعیت‌های فردی و اجتماعی دارد. با توجه به نقش و اهمیت جنگل‌های شهری در حفاظت از محیط‌زیست، رفتار محیط‌زیستی بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری در این خصوص موضوع برجسته و دارای اهمیتی است که می‌تواند سبب مدیریت موثر این منابع شهری شود. بررسی نگرش و رفتار بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری برای مشارکت در مدیریت این مولفه سبز شهری، گامی مهم در مدیریت حفاظتی و تدوین برنامه‌های مشارکتی است. از این‌رو، این پژوهش قصد دارد با بررسی تعیین‌کننده‌های رفتار محیط‌زیستی بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری سهمی، در تبیین و پیش‌بینی رفتار مشارکتی آنان در حفاظت از این جنگل‌ها داشته باشد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در جنگل‌های شهری شهر خرم‌آباد واقع در استان لرستان انجام شد. جامعه آماری این پژوهش شامل بازدیدکنندگان با سن بیش از ۱۵ سال پارک‌های شهری خرم‌آباد به‌عنوان مهم‌ترین بخش از جنگل‌های شهری بود. بر اساس جدول کرجسی مورگان، حجم نمونه پژوهش ۳۸۴ نفر محاسبه شد. برای دقت بیشتر، تعداد نمونه بالاتری برداشته شد که در نهایت ۴۰۱ نفر به‌عنوان تعداد نهایی نمونه‌ها وارد محاسبات شدند. نمونه‌ها به‌صورت تصادفی و از پارک‌های مختلف سطح شهر انتخاب شدند. برای جمع‌آوری داده‌های پژوهش از پرسشنامه محقق‌ساخت استفاده شد. روایی پرسشنامه بر اساس آزمون روایی صوری (نظر اعضای هیات علمی دانشگاه و خبرگان در تخصص‌های جنگلداری، ترویج و توسعه، شهرسازی و علوم اجتماعی) و نیز روایی همگرا مبتنی بر سنجش واریانس استخراج‌شده ارزیابی و تایید شد. به‌علاوه، پایایی پرسشنامه بر اساس آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی ارزیابی شد. بر اساس نتایج بررسی، مشخص شد

که متغیرهای مورد استفاده در پژوهش دارای پایایی مناسبی هستند. با توجه به اهداف پژوهش، برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS برای تحلیل کیفی داده‌ها و برای بررسی روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته در قالب معادلات ساختاری و همچنین آزمون فرضیات پژوهش از نرم‌افزار Smart PLS استفاده شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش، فرضیه یک پژوهش تأیید شد ($t=8.778, p\text{-value}=0.000$) که نشانگر اثر معنی‌دار جهت‌گیری افراد به سوی ارزش‌های طرفدار زیست‌بوم بر جهان‌بینی بوم‌شناسی آنها است. همچنین نتایج پژوهش نشان داد که ارزش‌های نوع‌دوستانه بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری خرم‌آباد با جهان‌بینی بوم‌شناسی آنان رابطه معنی‌داری ($t=3.129, p\text{-value}=0.000$) دارد (فرضیه دوم). بر اساس یافته‌های به‌دست‌آمده از پژوهش، مشخص شده که ارزش‌های خودخواهانه بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری با جهان‌بینی بوم‌شناسی آنان رابطه معنی‌داری ($t=1.829, p\text{-value}=0.450$) ندارد و از این رو فرضیه سوم پژوهش تأیید نشد. بر اساس نتایج کسب‌شده، فرضیه چهارم مبتنی بر رابطه معنی‌دار جهان‌بینی بوم‌شناسی بازدیدکنندگان با آگاهی آنها از پیامد تخریب جنگل‌های شهری ($t=9.997, p\text{-value}=0.000$)، و همچنین رابطه معنی‌دار آگاهی بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری از پیامدهای تخریب جنگل‌ها با حس مسئولیت‌پذیری آنان ($t=8.921, p\text{-value}=0.000$) (فرضیه پنجم تحقیق) مورد تأیید قرار گرفت. فرضیه ششم پژوهش مبنی بر رابطه معنی‌دار حس مسئولیت‌پذیری بازدیدکنندگان با هنجارهای شخصی آنان ($t=21.926, p\text{-value}=0.000$) و فرضیه هفتم یا رابطه معنی‌دار هنجارهای شخصی بازدیدکنندگان با رفتار محیط‌زیستی آنان ($t=97.075, p\text{-value}=0.000$) نیز تأیید شدند. در مجموع، متغیرهای مورد استفاده در پژوهش ۸۰/۴ درصد از واریانس رفتار حفاظتی بازدیدکنندگان از جنگل‌های شهری شهر خرم‌آباد را تبیین کردند.

نتیجه‌گیری کلی: بررسی رفتار محیط‌زیستی شهروندان به‌عنوان مهم‌ترین مولفه مدیریت مشارکتی این منابع، می‌تواند گام اساسی و اولیه در حفاظت از جنگل‌های شهری باشد. بنابراین بررسی رفتار محیط‌زیستی شهروندان برای به حداقل رساندن تاثیر منفی فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست و بهبود آن است و رفتارهای محیط‌زیستی به‌عنوان یکی از عوامل موثر بر کیفیت محیط‌زیست و اثربخشی فعالیت‌های زیست‌محیطی، نه تنها در بهبود کیفیت محیط‌زیست اثر مثبت دارند بلکه سبب ایجاد زندگی سالم و مثبت برای افراد جامعه می‌شوند. برای حفظ جنگل‌های شهری، رویکردهای آموزشی مناسبی نیاز است که در جهت روبه رشد دانش، رفتار و نگرش زیست‌محیطی حرکت نمایند؛ در این راستا باید تلاش شود تا عوامل موثر بر گرایش شهروندان به حفظ جنگل‌های شهری شناسایی شوند؛ زیرا با شناخت این عوامل می‌توان به ارائه راه‌هایی برای تغییر رفتار مخرب و تشویق رفتارهای مثبت پرداخت.

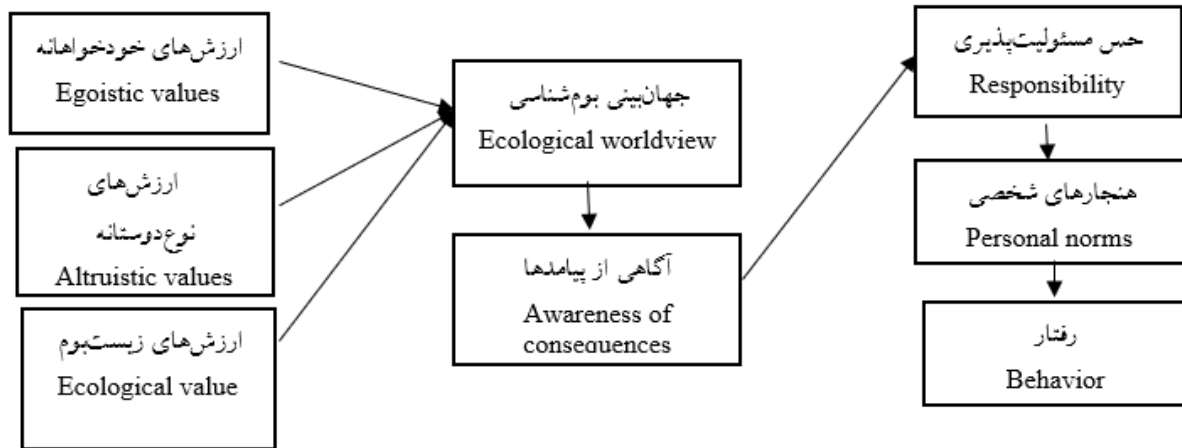
واژه‌های کلیدی: ارزش‌های زیست‌بوم، جنگل شهری، حفاظت، رفتارشناسی محیط‌زیستی.

انگیزه‌ها و مانند آن می‌پردازند. اما رویکردهای سطح زمینه‌ای بر موانع ساختاری و شرایطی تاکید دارند که رفتار مناسب با محیط‌زیست را تسهیل می‌کنند (Schultz and Kaiser, 2012). در سال‌های اخیر نظریه‌های متفاوتی برای بررسی الگوی رفتاری انسان در مواجهه با محیط‌زیست ارائه و مورد استفاده قرار گرفته‌اند. مانند این نظریه‌ها می‌توان به نظریه ارزش-عقیده-هنجار (Value-belief-norm theory) (Stem, 1999) نظریه اجتماعی-روانشاخی رفتار نوع‌دوستانه از Schwarzer و مدل جامع تشخیص عمل از Klockner and Bluebaum (2010) اشاره کرد که در بین این نظریه‌ها، به دلیل جامعیت مدل، سادگی در سنجش متغیرها، تاکید بیشتر بر روی مسائل روانشناسی فردی به ویژه ارزش‌ها و باورهای درونی و تناسب بیشتر متغیرها با موضوعات زیست‌محیطی، نظریه ارزش-عقیده-هنجار استرن به شکل جدی‌تری از سوی پژوهشگران و صاحب‌نظران در حوزه محیط‌زیست مورد توجه قرار گرفته است (Chen, 2015, Lind et al., 2015).

نظریه ارزش-عقیده-هنجار پیوند نظریه ارزش با نظریه هنجار اخلاقی عمل‌گرا و پارادایم نوین محیط‌زیستی است. یافته‌های اولیه از فرضیه‌های این نظریه و هنجارهای اخلاقی شخصی که مبنایی برای افراد مستعد به رفتارهای مسئولانه محیط‌زیستی است، پشتیبانی می‌کنند. در واقع، نظریه ارزش-عقیده-هنجار زنجیره‌ای از متغیرها، ارزش‌ها و نگرانی‌های عمومی در مورد محیط‌زیست تا اعتقادات خاص در مورد پیامدهای منفی برخی فعالیت‌ها را پیشنهاد می‌دهد و در عین حال، بر توانایی و مسئولیت افراد برای جلوگیری از این پیامدهای منفی و فعال کردن هنجارهای شخصی آنها برای حفظ محیط‌زیست تاکید دارد (Safa et al., 2018). این نظریه بیان می‌کند که آگاهی از نتایج،

در دهه‌های اخیر، بشر با دگرگون‌سازی، محیط‌زیست خود را با تغییرات عمده‌ای مواجه ساخته است. به عقیده بسیاری از متخصصین محیط‌زیست، وضعیت بحرانی کنونی ناشی از ناآگاهی و یا بی‌توجهی انسان به محیط اطراف، خودخواهی انسان و نادیده‌گرفتن ارزش حفاظت و حمایت از محیط‌زیست است (Moradi, 2017). محیط‌زیست، عنصری حیاتی برای زندگی انسان‌ها است و حوزه‌های علمی گوناگونی به آن توجه دارند (Mirfardi and Salamatian, 2022). از نظر مفهومی، رفتارهای محیط‌زیستی، مجموعه‌ای از کنش‌های افراد جامعه نسبت به محیط‌زیست است که در یک طیف وسیع، احساسات، تمایلات و آمادگی‌های خاص برای رفتار نسبت به محیط‌زیست را شامل می‌شود (Hajizadeh Meymandi et al., 2015). بقای زندگی و ارتقاء سطح زندگی انسان ایجاب می‌نماید تا انسان از رابطه خود با محیط‌زیست آگاه شده، آن را درک کند و ارزش‌ها و دیدگاه‌های لازم را برای حفاظت و بهبود آن در خود پرورش داده و به‌طور فردی و جمعی برای حل مشکلات محیط‌زیست اقدام کند (Najafi et al., 2019). در حقیقت، امروزه مسائل محیط‌زیستی، صرفاً دلیل مسائل تکنولوژیکی و فنی نیستند، بلکه در زمره مسائل اجتماعی به‌شمار می‌آیند (Hemayatkhah, 2017). از این‌رو، در این قرن رفتار محیط‌زیستی به‌عنوان مهم‌ترین و تاثیرگذارترین عوامل در ارتباط با محیط‌زیست مورد توجه قرار گرفته است (Asadi and Mehrabi, 2017). در بررسی رفتارها در ارتباط با محیط‌زیست دو رویکرد عمده دنبال شده است؛ یک رویکرد بر سطح فرد و ویژگی‌های فردی و دیگری بر زمینه انجام رفتارها تمرکز دارد. رویکردهای سطح فردی به بررسی نگرش‌ها، باورها، ارزش‌ها،

مسئولیت‌پذیری و توانایی درک شده برای کاهش تهدید، ثابت وابسته هستند (Kanani and Ahmadvand, 2019). به عقاید کلی و یا عمومی درباره ارتباط انسان- محیط‌زیست و تا حدودی جهت‌گیری ارزشی به نسبت



شکل ۱- نظریه ارزش- عقیده- هنجار استرن و همکاران (۱۹۹۹)

Figure 1. Value- belief- norm theory stern et al. (1999)

(Latifinia et al., 2022). با استفاده از روش ارزش- باور-هنجار در بررسی رفتار حفاظتی مبتنی بر مشارکت جامعه میزبان اکوتوریسم در جنگل‌های زاگرس نشان دادند که ارزش‌های زیست‌کره، ارزش‌های نوع‌دوستانه و آگاهی از پیامدها بر رفتار مشارکتی جامعه میزبان برای حفاظت از جنگل تاثیر دارد (Azizi Habibabadi and Sharifi, 2023). با واکاوی سازه‌های موثر بر رفتار حامی محیط‌زیست باغداران بخش دنا کوه شهرستان سمیرم دریافتند که دانش، مسئولیت‌پذیری، هنجارهای فرهنگی-اجتماعی، تعهد بیرونی و رفتار پیشین بر رفتار محیط‌زیستی باغداران تاثیر معنی‌داری دارند (Golchubi Diva and Jalalian, 2020). از نظریه ارزش- عقیده- هنجار برای بررسی اثرگذاری عوامل مهم بر رفتار زیست‌محیطی زنان روستایی استفاده کردند و یافته‌های آنان نشان داد که حفاظت محیط‌زیست می‌تواند به‌عنوان یک هنجار اعتقادی و اخلاقی مورد توجه قرار گیرد (Lee et al., 2019). با استفاده از این نظریه به این نتیجه رسیدند که گردشگران دارای

با توجه به اهمیت یافتن نظریه ارزش-عقیده- هنجار استرن در سال‌های اخیر، پژوهش‌های مختلفی در حوزه رفتارهای محیط‌زیستی بر این مبنا انجام شده است. به‌عنوان مثال، (Mirhashemi et al., 2020) به بررسی عوامل موثر بر رفتار محیط‌زیستی در مناطق شهری ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که عوامل نگرشی (ارزش- عقیده- هنجار) دارای بیشترین تنوع از موضوعات تاثیرگذار بر رفتار محیط‌زیستی هستند. نتایج پژوهش (Safa et al., 2018) در ارزیابی رفتار حفاظت محیط‌زیستی روستاییان بر مبنای نظریه ارزش- عقیده-هنجار نشان داد که مؤلفه‌های ارزش‌ها، جهان-بینی بوم-شناسی، آگاهی از پیامدها، احساس وظیفه و مسئولیت‌پذیری و هنجارهای شخصی از اثر مثبت و معنی‌داری بر متغیر وابسته برخوردار می‌باشند (Kolahi and Jahani, 2022). با بررسی عوامل موثر بر رفتار محیط‌زیستی شهروندان شهر رضویه دریافتند که بین رفتار محیط‌زیستی شهروندان با متغیرهای دانش، آگاهی، باور و ارزش‌های رابطه معنی‌داری وجود دارد

رابطه متغیرهای مستقل ارزش‌ها، جهان‌بینی بوم‌شناسی، آگاهی از پیامدها، احساس وظیفه و مسئولیت‌پذیری و هنجارهای شخصی با همدیگر و در نهایت اثر آنها بر رفتارهای محیط‌زیستی بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری، در مراجعه به جنگل‌های شهری را تعیین کرده و این زمینه را فراهم آورد تا برنامه‌های مدیریت گردشگری و محیط‌زیستی بر مبنای متغیرهای به‌دست‌آمده، اثربخشی بیشتری داشته باشد.

با وجود ضرورت و اهمیت موضوع، تاکنون پژوهشی درباره شناسایی وضعیت رفتاری محیط‌زیستی بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری در شهر خرم‌آباد انجام نشده است. بنابراین این پژوهش با توجه به خلاء پژوهش موجود برای نخستین بار در شهر خرم‌آباد انجام شد. این گونه پژوهش‌ها که به افزایش دانش موجود در مورد جنگل‌های شهری منتهی می‌شود، زمینه‌ساز اتخاذ راهبردهای جامع‌نگرانه و اجرای سیاست‌های واقع‌بینانه در مدیریت این جنگل‌ها خواهد بود و برای بهبود رفتار حامی محیط‌زیست، شناخت عوامل و متغیرهای اثربخش در این زمینه لازم است. بر این اساس، فرضیات بررسی به‌صورت زیر تدوین شدند:

فرضیه اول: ارزش‌های زیست‌بوم (اکوسیستم) بازدیدکنندگان با جهان‌بینی بوم‌شناسی آنان رابطه معنی‌داری دارد.

فرضیه دوم: ارزش‌های نوع‌دوستانه بازدیدکنندگان با جهان‌بینی بوم‌شناسی آنان رابطه معنی‌داری دارد.

فرضیه سوم: ارزش‌های خودخواهانه بازدیدکنندگان با جهان‌بینی بوم‌شناسی آنان رابطه معنی‌داری دارد.

مسئولیت‌پذیری اجتماعی بالاتر، دارای رفتارهای حامی محیط‌زیست قوی‌تری هستند. همچنین Park et al. (2022) با تأیید رابطه بین ارزش، باورها و نرم‌های گردشگران، بیان کردند این روابط قادر به پیش‌بینی رفتارهای دوستدار محیط‌زیستی هستند.

جنگل‌های شهری که به انواع حضور تک درختان و گروه‌های درختی در داخل یا اطراف شهر اطلاق می‌شود (Salbitano et al., 2016)، می‌توانند مجموعه‌ای از خدمات محیط‌زیستی و اجتماعی را برای شهروندان فراهم کنند (Huang et al., 2021). اهمیت این جنگل‌ها تا آنجا است که امروزه دسترسی شهروندان به این منابع به‌عنوان یکی از شاخص‌های توسعه‌یافتگی شهر در نظر گرفته می‌شوند (Rafieyan, 2019, Hoshyari et al., 2020). با اهمیت یافتن روزافزون جنگل‌های شهری، پرداختن به مسائل مربوط به حفظ آنها تبدیل به مسئله‌ای پررنگ و غیرقابل چشم‌پوشی شده است. بررسی نگرش، رفتار و ارزش‌های شهروندان در مورد این منابع می‌تواند گام ابتدایی و ضروری برای برنامه‌ریزی‌های مشارکتی و حفاظت عمومی این منابع باشد (Jacob et al., 2021, Ordóñez et al., 2022). امروزه که شهرها با افزایش روزافزون جمعیت و توسعه بی‌رویه شهر و کاهش سرانه فضای سبز با مسائل و مشکلات زیست‌محیطی روبه‌رو هستند، ضرورت این بررسی‌ها بیش از گذشته است. از این‌رو، این پژوهش با هدف بررسی رفتارهای محیط‌زیستی بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری در شهر خرم‌آباد به‌عنوان یک بررسی موردی، سعی دارد تا با شناخت عوامل اجتماعی-فرهنگی موثر برای حفظ این جنگل‌ها، نگرش محیط‌زیستی بازدیدکنندگان، عوامل موثر و بهبود صلاحیت‌ها و رفتار محیط‌زیستی را شناسایی و بررسی کند. به عبارت دیگر این پژوهش به دنبال این است که

(شکل ۲). جمعیت شهر در سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ معادل ۵۰۶ هزار نفر بوده است. شهر خرم آباد بر اساس آخرین تقسیم‌بندی‌ها به سه منطقه شهری و در قالب ۲۳ ناحیه شهری تقسیم شده است. در منطقه یک، دو پارک ناحیه‌ای و سه پارک منطقه‌ای در مجموع به وسعت ۲۲۹۹۴۱ متر مربع وجود دارد. در منطقه دو، سه پارک ناحیه‌ای و سه پارک منطقه‌ای به مساحت ۱۴۶۲۶۲ متر مربع و در منطقه سه نیز هشت پارک ناحیه‌ای و هفت پارک منطقه‌ای به وسعت ۴۴۲۸۹۷ مترمربع وجود دارد (Hoshyari et al., 2020). در این پژوهش برای داشتن ترکیبی متناسب و قابل تعمیم، محدوده‌های مکانی موردبررسی از مناطق مختلف شهر (پارک‌هایی با مساحت و بازدیدکننده بیشتر) انتخاب شد که شامل پارک‌های شریعتی، زیبا کنار، دانشجو، بام، معلم، دریاچه بهشت و پارک آبشار طلائی است.

فرضیه چهارم: جهان‌بینی بوم‌شناسی بازدیدکنندگان با آگاهی آنها از پیامد تخریب جنگل‌های شهری رابطه معنی‌داری دارد.

فرضیه پنجم: آگاهی بازدیدکنندگان از پیامدهای تخریب جنگل‌ها با حس مسئولیت‌پذیری آنان رابطه معنی‌داری دارد.

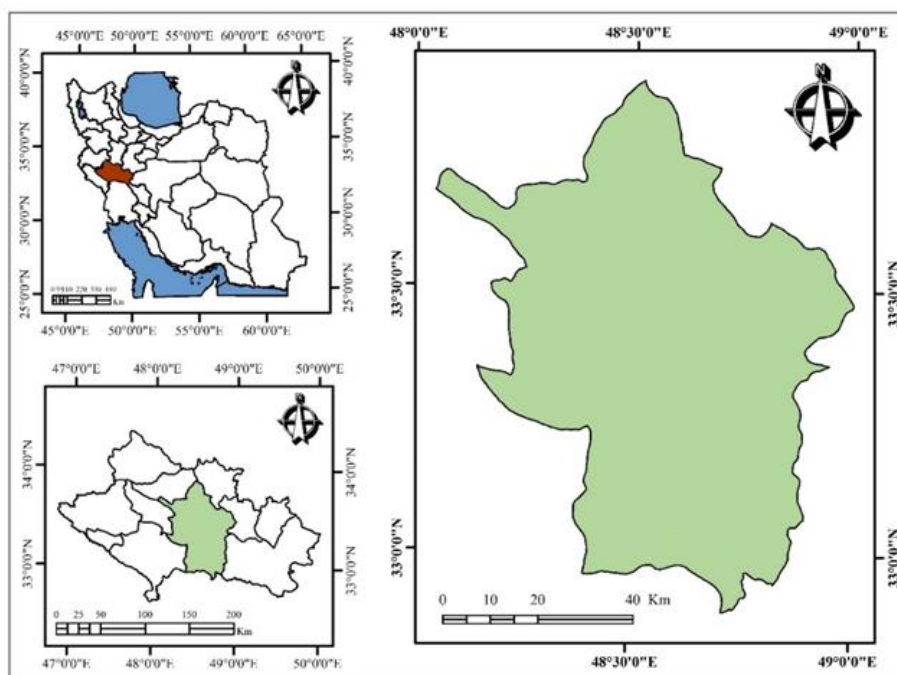
فرضیه ششم: حس مسئولیت‌پذیری بازدیدکنندگان با هنجارهای شخصی آنان رابطه معنی‌داری دارد.

فرضیه هفتم: هنجارهای شخصی بازدیدکنندگان با رفتار محیط‌زیستی آنان رابطه معنی‌داری دارد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردبررسی

منطقه موردبررسی، شهر خرم‌آباد در مرکز استان لرستان با مساحت ۶۰۰ هکتار است که بر مبنای سیستم مختصات UTM این منطقه در زون ۳۹ شمالی و طول جغرافیایی ۵۶° ۴۸' تا ۴۹° ۰۰' شرقی و ۳۳° ۵۳' تا ۳۳° ۲۷' عرض شمالی واقع شده است



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی منطقه پژوهش در ایران و استان لرستان

Figure 2. The geographical location of the study area in Iran and Lorestan province

روش پژوهش

از نظر روش شناختی، این پژوهش از نوع توصیفی و پیمایشی محسوب می‌شود. جامعه آماری پژوهش بازدیدکنندگان ۱۵ سال به بالای پارک‌های شهر خرم‌آباد به‌عنوان یکی از انواع جنگل‌های شهری است. با این احتساب، برای انتخاب حجم نمونه از جدول کرجسی-مورگان استفاده شد. در نتیجه حجم نمونه ۳۸۴ نفر محاسبه که برای دقت بیشتر، تعداد نمونه‌های بیشتری انتخاب شد. در نهایت ۴۰۱ نفر به‌عنوان نمونه نهایی در محاسبات در نظر گرفته شدند. گفتنی است پژوهش حاضر در بازه زمانی بهار و تابستان ۱۴۰۲ انجام شد.

بر اساس چارچوب تحلیلی بررسی برای عملیاتی کردن نظریه ارزش-عقیده-هنجار از پرسشنامه محقق-ساخته از نوع طیف Likert با مقیاس پنج‌گزینه‌ای برای ارزیابی سوال‌ها استفاده شد. در این بخش برخی از سوالات به‌صورت منفی بیان شدند که در زمان وارد کردن داده‌ها برای تحلیل، به‌صورت معکوس کدگذاری شدند. پرسشنامه دارای دو بخش کلی بود؛ بخش اول، شامل ویژگی‌های فردی، اطلاعات کلی و جمعیت-شناختی (سوالات مربوط به جنسیت، سن، تاهل، تحصیلات و غیره) پاسخ‌دهندگان و بخش دوم، شامل سنجش سازه‌های نظریه ارزش-عقیده-هنجار بود. برای استخراج گویه‌های هر کدام از سازه‌های نظریه ارزش-عقیده-هنجار بر اساس تئوری Stem et al. (1999) از مقالات مرتبط استفاده شد. در این پژوهش تلاش شد ادعای ارتباط بین متغیرهای مختلف و رفتارهای مشارکتی بازدیدکنندگان در راستای حفاظت از جنگل‌های شهری موجود در منطقه موردبررسی، با استفاده از داده‌های پیمایشی مستخرج از پرسشنامه اثبات شود. برای سنجش پایایی از ضرایب پایایی ترکیبی (C.R) و آلفای کرونباخ استفاده شد. در بررسی

روایی و پایایی ابزار پژوهش، نتایج نشان داد که پایایی ترکیبی تمام سازه‌های موجود در مدل پیشنهادی پژوهش بیشتر از ۰/۶۰ و ضریب آلفای کرونباخ آنها نیز بالاتر از ۰/۷۰ است. علاوه بر این، میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) برای تمام سازه‌های مدل پیشنهادی پژوهش بیشتر از ۰/۵۰ بود. بنابراین، تمام متغیرهای نهفته مدل پیشنهادی پژوهش از پایایی و روایی مناسبی برخوردار بودند که با توجه به مناسب بودن این ضرایب، پایایی متغیرهای موردبررسی تایید شد. لازم به ذکر است که برای تعیین پایایی هر یک از شاخص‌ها نیز از بار عاملی استفاده شد. به‌طور کلی با توجه به اهداف پژوهش، برای تجزیه و تحلیل اطلاعات توصیفی داده‌های به‌دست‌آمده از پرسشنامه، از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. در ادامه برای کمی‌سازی و تحلیل هم‌زمان روابط علی بین متغیرها و اندازه انطباق و برازش مدل مفهومی با مشاهدات تجربی از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری در نرم‌افزار Smart PLS بهره گرفته شد. روش Bootstrapping برای آزمون فرضیات پژوهش بکار گرفته شد.

نتایج

در این بخش، ابتدا یافته‌های توصیفی شامل مشخصات فردی پاسخ‌گویان و توزیع پراکندگی و درصدی متغیرهای موردبررسی و پس از آن، یافته‌های تحلیلی پژوهش ارائه شده است.

بررسی آمار توصیفی پاسخ‌گویان

بر اساس یافته‌های پژوهش (جدول ۱)، از مجموع پاسخ‌گویان موردبررسی، ۵۷/۱ درصد از آنان مرد و ۴۲/۹ درصد زن بودند. ۵۶/۱ درصد از بازدیدکنندگان موردبررسی را افراد مجرد و ۴۸/۴ درصد نیز افراد متأهل بودند. میانگین سن افراد موردبررسی ۳۲/۵ با انحراف معیار ۱۰/۱۶ سال بود. دامنه سنی آنان بین ۱۵ تا ۶۷ سال

متغیر بود. در بررسی وضعیت تحصیلی پاسخگویان نتایج نشان داد دو نفر (۰/۵ درصد) بی سواد، هشت نفر (دو درصد) ابتدایی، ۱۱ نفر (۲/۷ درصد) راهنمایی، ۶۷ نفر (۱۶/۷ درصد) راهنمایی، ۴۴ نفر (۱۱ درصد) فوق دیپلم، ۱۷۰ نفر (۴۲/۴ درصد) لیسانس و ۹۹ نفر (۲۴/۷ درصد) فوق لیسانس و بالاتر بودند.

جدول ۱- یافته‌های توصیفی
Table 1. Descriptive findings

درصد Percentage	فراوانی Frequency	متغیرها Variables	
42.9	172	زن Female	جنسیت Gender
57.1	229	مرد Male	
51.6	207	مجرد Non-Married	وضعیت تاهل Marital State
48.4	194	متاهل Married	
11	44	۲۰ و کم‌تر از ۲۰ 20 and under 20	رده سنی Age category
34.9	140	21 – 30	
34.2	137	31 – 40	
14	56	41 – 50	
5	20	51 – 60	
1	4	بیشتر از ۶۰ More than 60	
0.5	2	بی سواد Illiterate	سطح تحصیلات Educational status
2	8	ابتدایی Elementary	
2.7	11	راهنمایی Middle school	
16.7	67	دیپلم Diploma	
11	44	فوق دیپلم Associate	
42.4	170	لیسانس Bachelor	
24.7	99	فوق لیسانس و بالاتر Masters and higher	

مقایسه تمامی مقادیر به دست آمده شاخص‌های برازش در مدل ارزش-عقیده-هنجار با مقادیر مطلوب نشان

آمار استنباطی

بررسی رفتارهای محیط‌زیستی شهروندان با استفاده از نظریه ارزش-عقیده-هنجار (بررسی موردی: جنگل‌های شهری خرم‌آباد)

می‌دهد که این مقادیر همگی در حد استاندارد هستند رفتار محیط‌زیستی شهروندان نسبت به مشارکت در (جدول ۲). بنابراین بر اساس مقادیر شاخص‌های ارائه حفاظت جنگل‌های شهری شهرستان خرم‌آباد دارای شده می‌توان گفت که مدل استفاده شده برای بررسی برازش مناسبی هستند.

جدول ۲- شاخص‌های برازش مدل برای تشخیص مناسب بودن مدل VBN

Table 2. A summary of the goodness of fit indices for the measurement model

RMS-Theta	NFI	D-G2	D-G1	SRMR	شاخص برازش Fit index
$\leq 0/12$	$>0/90$	>0.05	$>0/05$	$<0/1$	مقدار پیشنهاد شده Suggested value
0/10	0/970	0/650	0/477	$<0/96$	مقدار برآورد شده مدل VBN Estimated value

جدول ۳- نتایج تحلیل عاملی تاییدی برای مدل اندازه‌گیری VBN

Table 3. The results of confirmatory factor analysis for the VBN measurement model

مدل VBN VBN model		آیتم‌های اندازه‌گیری Measured Statements	متغیرهای پژوهش Research variables
t	λ		
38.685	0.881	هر فردی باید به محیط جنگل‌های شهری احترام گذاشته و از آن محافظت کند. Every individual should respect and protect the urban forests and their environment.	
42.908	0.890	حفاظت از جنگل‌های شهری برای من اهمیت دارد. Urban forest conservation is important issue for me.	
44.628	0.866	محافظت از جنگل‌های شهری ارزشمندتر از تأمین نیازهای گردشگران در حین سفر به جنگل است Protecting urban forests is more valuable than meeting the needs of tourists during their trip to the forest.	ارزش‌های زیست‌بوم Ecological value (EV)
58.832	0.892	اگر در هنگام گردشگری حفاظت از جنگل انجام شود، من از سفر بیشتر لذت می‌برم. If forest conservation is practiced during tourism, I enjoy my trip more.	
20.355	0.794	جنگل‌های شهری مقدار منابع و فضای محدودی دارند. Urban forests have limited resources and spaces.	
1.318	-0.041	گردشگران حق دارند برای رفع نیازهای خود، جنگل‌های شهری را تخریب کنند Tourist can destroy urban forests for their resuirment fulfilment	جهان‌بینی بوم‌شناسی Ecological Worldview (EW)
49.938	0.872	گیاهان و حیوانات نیز همانند انسان حق زندگی در جنگل‌های شهری را دارند. Plants and animals have the right to life in urban forests just like humans.	

ادامه جدول ۳.

Continued table 3.

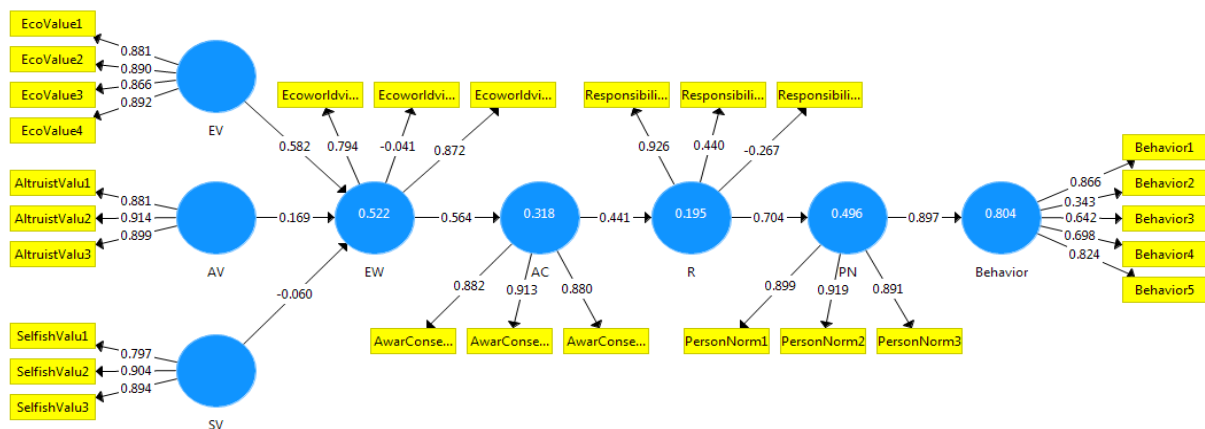
مدل VBN		آیتم‌های اندازه‌گیری Measured Statements	متغیرهای پژوهش Research variables
t	λ		
47.397	0.882	گردشگران ممکن است سبب آلودگی در جنگل‌های شهری شوند Tourists may cause pollution in urban forests.	آگاهی از پیامدها Awareness of consequences (AC)
54.475	0.913	گردشگران ممکن است سبب تخریب به درختان جنگل‌های شهری شوند Tourists may cause degradation in urban trees.	
41.559	0.880	گردشگران ممکن است سبب تخریب به تجهیزات موجود در جنگل‌های شهری شوند Tourists may cause degradation in facilities of urban forests.	
66.561	0.899	من از نظر اخلاقی برای حفظ جنگل‌های شهری احساس تعهد و اجبار می‌کنم I feel a moral obligation to preserve urban forests.	هنجارهای شخصی Personal Norms (PN)
71.116	0.919	من فکر می‌کنم دیگر گردشگران نیز باید از جنگل‌های شهری محافظت کنند I believe tourists should conserve urban forests	
49.537	0.891	حفظ جنگل‌های شهری نه فقط برعهده مسئولین بلکه وظیفه همگان است Preserving urban forests is not only the responsibility of officials but also the duty of everyone.	
53.525	0.881	معتقدم که استفاده از نعمت جنگل‌های شهری باید برای همه گردشگران برابر باشد I believe that the use of urban forests should be equal for all tourists.	ارزش‌های نوع‌دوستانه Altruistic values (AV)
83.553	0.914	جنگل‌های شهری حق همه مردم است، پس نباید آن را با رفتارهایم تخریب کنم Urban forests are a right for all people, so I should not destroy them with my behavior.	
53.789	0.899	من باید طوری از جنگل‌های شهری استفاده کنم، که آیندگان نیز از آنها استفاده کنند I should use urban forests in a way that future generations can also use them.	
2.300	0.797	من دوست دارم در حین سفر هر جور که راحت‌ترم از جنگل‌های شهری استفاده کنم I want to use urban forests in a way that is comfortable for me during my travels.	ارزش‌های خودخواهانه Egoistic values (EGV)
2.152	0.904	جنگل‌های شهری مانند دیگر منابع طبیعی فقط وسیله‌ای برای تفریح و لذت بردن هستند Urban forests, like other natural resources, are not just for recreation and enjoyment.	
2.118	0.894	لذت بردن از جنگل برای من مهم‌تر از حفظ آن است Enjoying the forest is more important to me than preserving it.	
0.926	49.254	من برای مشارکت در حفاظت از جنگل‌های شهری احساس وظیفه می‌کنم To participate in the protection of urban forests is a moral duty.	احساس مسئولیت Responsibility (R)
0.440	5.395	به نظر من، بیشتر مسئولیت حفظ جنگل‌های شهری بایستی بر دوش گردشگران باشد In my opinion, preserving urban forests should be more the responsibility of tourists	
-0.267	2.408	اگر دیگران برای حفظ جنگل تلاش نکنند، من نیز در این زمینه احساس مسئولیت نخواهم کرد If others do not make an effort to preserve the forest, I will not feel responsible in this regard.	

تحلیل مسیر استفاده شد. مدل مسیر پژوهش با نمایش بارهای عاملی استاندارد شده در شکل ۳ ارائه شده است. چنانچه از شکل مشخص است، متغیرهای

پس از تأیید مدل‌های اندازه‌گیری پژوهش با استفاده از تحلیل عاملی تأییدی، برای آزمون فرضیه‌ها در قالب مدل مفهومی پیشنهادی پژوهش از روش

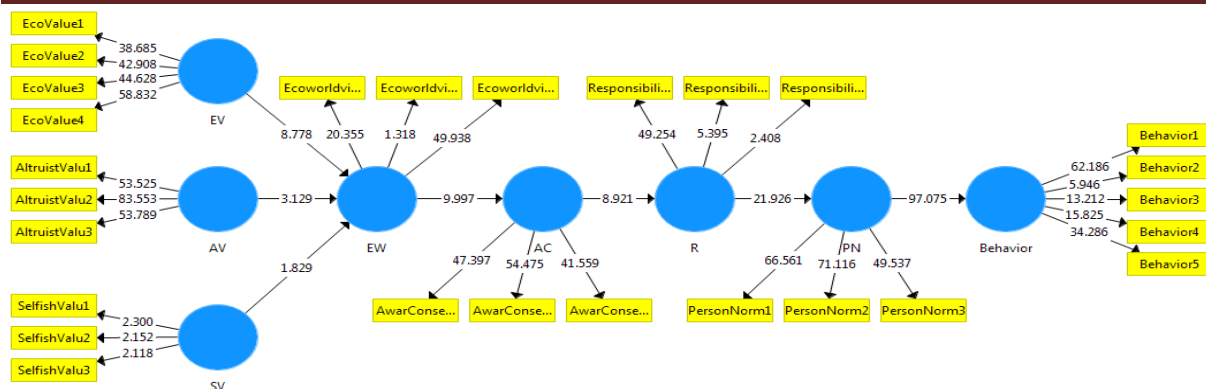
بوم‌شناسی آنان رابطه معنی‌داری ($t=1.829, p\text{-value}=0.045$) نداشت و از این رو فرضیه سوم پژوهش تایید نشد. فرضیه چهارم، رابطه معنی‌دار جهان‌بینی بوم‌شناسی بازدیدکنندگان با آگاهی آنها از پیامد تخریب جنگل‌های شهری ($t=9.997, p\text{-value}=0.000$)، فرضیه پنجم، رابطه معنی‌دار آگاهی بازدیدکنندگان از پیامدهای تخریب جنگل‌ها با حس مسئولیت‌پذیری آنان ($t=8.921, p\text{-value}=0.000$)، فرضیه ششم، رابطه معنی‌دار حس مسئولیت‌پذیری بازدیدکنندگان با هنجارهای شخصی آنان ($t=21.926, p\text{-value}=0.000$) و فرضیه هفتم رابطه معنی‌دار هنجارهای شخصی بازدیدکنندگان با رفتار محیط‌زیستی آنان ($t=97.075, p\text{-value}=0.000$) نیز تایید شدند.

پژوهش در این مدل قادرند که ۸۰/۴ درصد از واریانس رفتار محیط‌زیستی افراد جامعه نسبت به مشارکت در حفاظت از جنگل‌های شهری را تبیین کنند. در شکل ۴ و جدول ۴ نیز مقادیر معنی‌داری روابط برای متغیرها و آزمون فرضیات پژوهش نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که فرضیه یک پژوهش تایید شده است ($t=8.778, p\text{-value}=0.000$) که نشانگر اثر معنی‌دار جهت‌گیری افراد به سوی ارزش‌های طرفدار زیست‌بوم بر جهان‌بینی بوم‌شناسی آنها است. نتایج نشان داد که ارزش‌های نوع‌دوستانه بازدیدکنندگان با جهان‌بینی بوم‌شناسی آنان رابطه معنی‌داری ($t=3.129, p\text{-value}=0.000$) دارد (فرضیه دوم). بر اساس یافته‌های پژوهش، ارزش‌های خودخواهانه بازدیدکنندگان با جهان‌بینی



شکل ۳- مدل مسیر با بارگذاری عامل‌های استاندارد شده VBN (EV, AV, SV, EW, AC, R, PN, Behavior) به ترتیب نماد متغیرهای ارزش‌های زیست‌بوم، ارزش‌های نوع‌دوستانه، ارزش‌های خودخواهانه، جهان‌بینی بوم‌شناسی، آگاهی از پیامدها، هنجارهای شخصی، احساس مسئولیت و رفتار می‌باشند)

Figure 3. structural model with standardized path coefficients VBN (the symbol of the variables EV, AV, SV, EW, AC, R, PN and Behavior Ecological Value, Altruistic Values, Egoistic values, Ecological Worldview, Awareness of consequences, Responsibility, Personal Norms, and Behavior)



شکل ۴- مدل مسیر با بارگذاری مقادیر VBN T-values (EV, AV, SV, EW, AC, R, PN, Behavior) به ترتیب نماد متغیرهای ارزش‌های زیست‌بوم، ارزش‌های نوع‌دوستانه، ارزش‌های خودخواهانه، جهان‌بینی بوم‌شناسی، آگاهی از پیامدها، هنجارهای شخصی، احساس مسئولیت و رفتار هستند).

Figure 4. structural model with path VBN T-values (the symbol of the variables EV, AV, SV, EW, AC, R, PN and Behavior Ecological Value, Altruistic Values, Egoistic values, Ecological Worldview, Awareness of consequences, Responsibility, Personal Norms, and Behavior)

جدول ۴- نتایج آزمون فرضیات

Table 4. Results of Hypothesis analysis

فرضیات Hypothesis	VBN Model				نتیجه Result
	γ	t	R ² Adj	P-value	
H1: EVs → EW	0.582	8.778	0.522	0.000	تایید Confirm
H2: AVs → EW	0.169	3.129	0.522	0.000	تایید Confirm
H3: EGV → EW	-0.060	1.829	0.522	0.450	عدم تایید Not confirm
H4: EW → AC	0.564	9.997	0.318	0.000	تایید Confirm
H5: AC → R	0.441	8.921	0.195	0.000	تایید Confirm
H6: R → PNs	0.704	21.926	0.496	0.000	تایید Confirm
H7: PNs → EB	0.897	97.075	0.804	0.006	تایید Confirm

بوم‌شناختی ضروری است (Kolahi and Jahani, 2022). بررسی‌های گوناگون نشان می‌دهد که در بین راه‌های متعدد مقابله با مشکلات محیط‌زیستی، بنیادی‌ترین، موثرترین و با صرفه‌ترین روش جلوگیری از تخریب محیط‌زیست، رعایت رفتارهای حفاظت

بحث

بیشتر معضلات محیط‌زیستی، معلول رفتارهای افراد یک جامعه بوده و خود تاثیرپذیر از عوامل دیگری است. بنابراین برای تاب‌آوری در مشکلات محیط‌زیستی، هم‌راستایی رفتارهای فردی و اجتماعی با محوریت

نتایج این بررسی، با نتایج (Chen, 2015), (Yeboah and Kaplowitz, Menatizadeh, 2016) و (Safa et al, 2018) در خصوص ارتباط معنی‌دار میان ارزش‌های زیست‌بوم و جهان‌بینی بوم-شناسی مطابقت دارد.

یافته‌های این پژوهش نشان داد که بین ارزش‌های خودخواهانه بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری و جهان‌بینی بوم‌شناسی آنان رابطه معنی‌داری وجود ندارد. این نتیجه، با نتایج (Safa et al, 2018) در خصوص ارتباط معنی‌دار میان ارزش‌های خودخواهانه و جهان‌بینی بوم‌شناسی در تضاد است.

نتایج حاصل از بررسی‌ها نشان داد، که جهان‌بینی بوم‌شناسی بازدیدکنندگان با آگاهی از پیامد رفتارهای آنان رابطه معنی‌داری دارد، که با نتایج (Menatizadeh, 2016) و (Safa et al, 2018) در خصوص ارتباط معنی‌دار میان جهان‌بینی بوم‌شناسی و آگاهی از پیامدهای رفتار مطابقت دارد. از این‌رو، هر چه بازدیدکنندگان اعتقاد بیشتری به لزوم حفاظت از جنگل‌های شهری داشته باشند و این امر برایشان اهمیت داشته باشد، رفتار حفاظتی بیشتری از خود نشان می‌دهند.

هنجارهای شخصی بازدیدکنندگان با احساس مسئولیت آنان رابطه مثبت و معنی‌داری دارد. بدین صورت که برای ترویج و توسعه رفتارهای مطلوب زیست محیطی، در راستای محافظت از محیط‌زیست باید نحوه رفتارها و روش زندگی انسان‌ها به رفتارهای محیط‌زیست گرایانه تغییر یابد. بدین ترتیب که با افزایش عامل شخصیتی مسئولیت‌پذیری مقدار رفتار مطلوب محیط‌زیستی نیز افزایش می‌یابد و هر اندازه مسئولیت‌پذیری فرد بیشتر باشد، به همان اندازه رفتار مسئولانه‌تر و اخلاق‌مدارتری نسبت به حفاظت از

محیط‌زیست توسط انسان است (Zareipour and Asgari, 2023). با توجه به این باور که اصلاح و جهت‌دهی رفتار افراد می‌تواند منجر به کاهش مشکلات و حفاظت از جنگل‌های شهری شود؛ این پژوهش با هدف بررسی رفتار محیط‌زیستی بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری با استفاده از نظریه ارزش-عقیده-هنجار استرن انجام شد.

با توجه به مدل مفهومی پژوهش، فرضیات در چارچوب روش مدل‌سازی معادلات ساختاری مورد آزمون قرار گرفتند. بر اساس یافته‌های پژوهش، ارزش‌های نوع‌دوستانه بازدیدکنندگان با جهان‌بینی بوم-شناسی آنان و بروز رفتار حفاظتی رابطه معنی‌داری دارد، که با نتایج (Mentizadeh, 2016) و (Safa et al, 2018) در خصوص ارتباط معنی‌دار میان ارزش‌های نوع‌دوستانه و جهان‌بینی بوم‌شناسی مطابقت دارد. بر این اساس بازدیدکنندگانی که جنبه‌های محیط‌زیستی را بر اساس فواید و هزینه‌های آنان برای جامعه یا کل بشر و زیست‌بوم، قضاوت می‌کنند، در حفاظت از آن مشارکت می‌کنند. همچنین بازدیدکنندگانی که جهت‌گیری بیشتری به سوی رفتار محیط‌زیستی دارند تمایل بیشتری به مشارکت در رفتارهای حفاظت از جنگل‌های شهری از خود نشان می‌دهند و در مقابل بازدیدکنندگانی که به زندگی دیگران و محیط‌زیست اهمیت نمی‌دهند، رفتارشان بر اساس منفعت‌طلبی انجام می‌شود.

بر اساس نتایج، ارزش‌های زیست‌بوم با جهان‌بینی بوم‌شناسی بازدیدکنندگان رابطه معنی‌داری دارد. در واقع بازدیدکنندگانی که عقاید بوم‌شناسی قوی‌تری دارند، احساس وظیفه بیشتری در مورد حفظ جنگل‌های شهری داشته و تلاش می‌کنند، رفتارهای حفاظتی داشته و همواره شناخت خود را در این مورد افزایش دهند.

معنی دار بین رفتار محیط‌زیستی و مسئولیت‌پذیری محیط‌زیستی را گزارش کرده‌اند. در صورتی که نتایج حاصل از بررسی‌های (Najafi et al., 2019) نشان داد که بین رفتار محیط‌زیستی و مسئولیت‌پذیری تفاوت معنی داری وجود ندارد.

همچنین یافته‌ها نشان داد که بین رفتارهای محیط‌زیست‌گرایانه بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری و رفتارهای شخصی (هنجارهای ذهنی و اخلاقی) آنان رابطه معنی‌داری وجود دارد. یعنی هر چه بازدیدکنندگان به رعایت اصول اخلاقی در قبال محیط‌زیست اعتقاد داشته و هر چه تصورات افراد یا گروه‌های مهم در تعیین بایدها و نبایدهای انجام یک رفتار برایشان مهم باشد، رفتار محیط‌زیست‌گرایانه بیشتری نیز از خود نشان می‌دهد. رفتارهای شخصی قدرت زیادی در وادار کردن افراد به رفتارهای حفاظتی دارند. بنابراین اگر افراد هنجارها و باورهای اخلاقی مثبتی در رابطه با حفاظت از جنگل‌ها داشته باشند، رفتارهای حفاظتی بیشتر و مناسب‌تری از خود نشان می‌دهند (Latifinia et al., 2022). در واقع هنجارهای شخصی بازدیدکنندگان می‌تواند برای پیش‌بینی رفتار محیط‌زیستی افراد مورد استفاده قرار گیرد. این یافته، پژوهش‌های (Zhang et al., 2020)، (Nisi et al., 2020)، (Zare et al., 2020) و (Salehi and Pazookinejad, 2014) را در خصوص رابطه مثبت و معنی‌دار بین هنجارهای شخصی و رفتار زیست محیط‌گرایانه تایید می‌کند.

طبق نتایج، بین مولفه آگاهی و رفتار محیط‌زیستی رابطه معنی‌دار وجود دارد که همسو با پژوهش‌های (Sabzehei et al., 2016)، (Rezaei and Shafaii Moghaddam, 2020)، (Khodaei Motlagh et al., 2022)، (Kolahi and Jahani, 2022) و (Azizi Habibabad et al., 2023) و (Salamatian, 2022)

جنگل‌های شهری خواهد داشت. این نتیجه، با نتایج (Ibtissem et al., 2010)، (Joachim, 2015) و (Yeboah and Kaplowitz, 2016) در خصوص ارتباط معنی‌دار میان احساس مسئولیت و هنجارهای شخصی مطابقت دارد.

آگاهی از پیامدهای رفتاری بازدیدکنندگان با احساس مسئولیت آنان رابطه مثبت و معنی‌داری دارد. بازدیدکنندگانی که از پیامدهای ناگوار شرایط تهدیدکننده زیست‌بوم و دیگر گونه‌ها آگاه هستند رفتار مطلوب‌تری از خود نشان می‌دهند. چون از پیامدهای شرایط محیط‌زیستی که افراد دیگر را تهدید می‌کند آگاه‌تر خواهند بود و این امر می‌تواند نکته‌ای مثبت و موثر در افزایش مشارکت باشد (khedrizadeh et al., 2017, Fallah et al., 2018, Moayeri et al., 2020).

به عبارت دیگر، آگاهی بیشتر بازدیدکنندگان از نتایج مضر رفتارهایشان موجب می‌شود تا آنها احساس وظیفه بیشتری برای حفظ جنگل‌های شهری داشته و تلاش کنند تا به شکلی اخلاقی‌تر با محیط‌زیست در تعامل باشند. این موضوع بر لزوم آموزش با هدف افزایش آگاهی‌های محیط‌زیستی تاکید دارد. به عبارت دیگر بازدیدکنندگانی که خود را در قبال جنگل‌های شهری مسئول دانسته و مشکلات و عواقب ناشی از آن را تاثیرگذار بر زندگی خود می‌دانند، رفتارهای مسئولانه‌تری از خود نشان می‌دهند. افراد مسئولیت‌پذیر نسبت به ضرورت حفاظت از محیط‌زیست متعهدتر از دیگران خواهند بود و طبیعتاً عدم رعایت ملاحظات محیط‌زیستی با روحیه و وجدان افراد مسئولیت‌پذیر منافاتی ندارد. (Nouri, 2019)، (Namdar et al., 2017)، (Dastras and Kohani and Nadi, 2019)، (Khajenoori, 2019)، (Azizi and Neisi et al., 2020) و (Habibabad and Sharifzadeh, 2023) نیز در بررسی‌های خود نتایج مشابهی در خصوص رابطه مثبت و

رفتارهای حفاظتی را در آنان ایجاد کرد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به اینکه رفتار محیط‌زیستی به‌عنوان یکی از ارکان اصلی محیط‌زیست پایدار می‌تواند با حفاظت از جنگل‌های شهری رابطه داشته باشد. بررسی رفتار محیط‌زیستی شهروندان به‌عنوان عاملان اصلی حفاظت جنگل‌های شهری می‌تواند در این راستا نقش‌آفرین باشد. بنابراین بررسی رفتار محیط‌زیستی شهروندان برای به حداقل رساندن تاثیر منفی فعالیت‌های انسانی بر محیط‌زیست و بهبود آن است. رفتارهای محیط‌زیستی به‌عنوان یکی از عوامل موثر بر کیفیت محیط‌زیست و اثربخشی فعالیت‌های زیست‌محیطی، نه تنها در بهبود کیفیت محیط‌زیست اثر مثبت دارند بلکه سبب ایجاد زندگی سالم و مثبت برای افراد جامعه می‌شوند. برای حفظ جنگل‌های شهری، رویکردهای آموزشی مناسبی نیاز است تا دانش، رفتار و نگرش محیط‌زیستی شهروندان رشد یابد. در این راستا باید تلاش شود تا عوامل موثر بر گرایش شهروندان به حفظ جنگل‌های شهری شناسایی شوند؛ زیرا با شناخت این عوامل می‌توان به ارائه راه‌های برای تغییر رفتار مخرب و تشویق رفتارهای مثبت پرداخت. در واقع آگاهی از رفتارهای محیط‌زیستی شهروندان پیش شرطی برای نگرانی‌های محیط‌زیستی و رفتار زیست‌محیطی است. با توجه به وضعیت موجود، مسائل و چالش‌های پیش روی جنگل‌های شهری، بررسی رفتار زیست‌محیطی شهروندان و استفاده از نتایج آن در برنامه‌ریزی و مدیریت جنگل‌های شهری ضروری است.

al. است، اما این نتیجه با یافته‌های (Kolahi et 2019) مغایرت دارد؛ زیرا آنها دریافتند که بین این دو مولفه رابطه معنی‌داری وجود ندارد. نتایج این پژوهش هم-راستا با (Shirmohamadi et al. 2020)، (Kolahi and Jahani 2022) و (Ataei Asad 2022) and Movahedi است، که بیان کردند که بین مولفه ارزش‌ها و رفتار، و هنجارها یا باورهای بازدیدکنندگان با رفتار آنان رابطه معنی‌داری دارد. همچنین طبق نتایج به‌دست آمده، با نتایج (Masoudi et al 2022) در خصوص وجود رابطه معنی‌دار میان احساس مسئولیت و رفتار همسو است.

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل معادلات ساختاری تئوری ارزش-عقیده-هنجار، نشان داد که سازه‌های پژوهش یعنی ارزش‌های زیست‌بوم، ارزش‌های نوع دوستانه، ارزش‌های خودخواهانه، احساس مسئولیت، هنجارهای شخصی، آگاهی از پیامدها و جهان‌بینی بوم-شناسی بازدیدکنندگان تاثیر بسزایی در بروز رفتارهای حامی محیط‌زیست (رفتارهای حفاظتی) دارند. در واقع اجزای این تئوری رابطه مثبت و معنی‌داری با رفتار دارند و جزء عوامل تعیین‌کننده رفتار محیط‌زیستی بازدیدکنندگان جنگل‌های شهری می‌باشند. به‌طور کلی این پژوهش هم‌راستا با پژوهش‌های (Safa et 2018) al.، (Siedi et al. 2019)، (Golchubi Diva 2022) and Jalalian and (Ataei Asad and Movahedi 2022) و تاثیر ارزش-عقیده-هنجار را بر رفتار آشکار ساخته و دریافتند اجزای تئوری ارزش-عقیده-هنجار به خوبی رفتار زیست‌محیطی را تبیین می‌کند. در نتیجه می‌توان با ایجاد تغییر، جهت‌دهی و تقویت متغیرهای مذکور در ارتباط با مسائل زیست‌محیطی، گرایش به سمت انجام

References

- Asadi, M.; Mehrab, M., Studying the Background and Social Factors Influencing the Environmental Behavior of Bandar Abbasi Residents Hormozgan. *Cultural Research Journal* **2017**, *10* (15), 118-132. (In Persian)
- Ataei Asad, M.; Movahedi, R., Comparison the Farmers' Behavior Determinants on The Use of Fertilizers Based on The Theory of Planned Behavior and The Theory of Value-Belief-Norm. *Iranian Journal of Agricultural Economics & Development Research* **2022**, *53* (4), 1001-1021. (In Persian)
- Azizi Habibabad, B.; Sharifzadeh, M., An Investigation of Factors Influencing the Pro-Environmental Behavior of Orchardists in Dena Kooch District, Semirom County. *Environmental Education and Sustainable Development* **2023**, *11* (4), 75-88. (In Persian)
- Chen, M., An examination of the value-belief-norm theory model in predicting pro-environmental behaviour in Taiwan. *Asian Journal of Social Psychology* **2015**, *18* (2), 145-151.
- Dastras, F.; Khajenoori, F., Investigating the Relationship between Sociological Factors and Environmental Behavior of Citizens of Shiraz. *Journal of Applied Sociology* **2019**, *30* (4), 9-10. (In Persian)
- Fallah, A.; Imani Rastabi, M.; Nazariani, N., Investigation Some Affecting Indicators on Participation in the Sustainable Management of Forests (Case study: traditional area of Kalgachi, Chaharmahal and Bakhtiari Province). *Forest research and Development* **2018**, *4*(3), 273-288. (In Persian)
- Golchubi Diva, S.; Jalalian, S.I., Studying rural women's environmental behavior by value-belief-norm theory Case study: Diva village of Babol county. *Human geography researches* **2022**, *54* (3), 1143-1159. (In Persian)
- Hajizadeh-Meymandi, M.; Sayar-Khalag, H.; Shokohefar, K., ultural and environmental factors among residents in Yazd. *Quarterly Journal of Socio - Cultural Development Studies* **2015**, *3* (3), 9-32. (In Persian)
- Hemaiatkah jahromi, M.; Ershad, F.; Danesh, P.; Ghorbani, M., Examining environmental behaviors based on TPB model. *Quarterly journal of social development* **2017**, *11* (3), 31-66. (In Persian)
- Hoshyari, Z.; Maleknia, R.; Naghavi, H.; Barazmand, S., Studying spatial distribution of urban parks of Khoramabad city using Network Analysis and Buffering Analysis. *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2020**, *27*(3), 37-51. (In Persian)
- Huang, Y.; Aguilar, F.; Yang, J.; Qin, Y.; Wen, Y., Predicting citizens' participatory behavior in urban green space governance: Application of the extended theory of planned behavior. *Urban Forestry & Urban Greening* **2021**, *61*, 127110.
- Ibtissem, M., Application of value beliefs norms theory to the energy conservation behavior. *Journal of Sustainable Development* **2010**, *3* (2), 129-139. (In Persian)
- Jacob, J.; Valois, P.; Tessier, M., Using the theory of planned behavior to predict the adoption of heat and flood adaptation behaviors by municipal authorities in the province of Quebec, Canada. In *Sustainability* **2021**, *13* (5), 1-169.
- Joachim, O.I.; Kamarudin, N.; Aliagha, G.U.; Ufere, K.J., Theoretical explanations of environmental motivations and expectations of clients on green building demand and investment. *Earth and Environmental Science* **2015**, *23* (1), 012010.
- Kanani, E.; Ahmadvand, A., Explaining Environmental Behavior of Wheat Farmers: Application of Value- Belief-Norm Theory, *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development* **2019**, *7*(3), 35-46. (In Persian)
- Khedrizadeh, M.; Maleknia, R.; Adeli, K.; Hanareh Khalyani, J., Survey of barriers and potential field to involve local people in the forest management process (Case study: Local Communities in Nameshir, Baneh). *Journal of Wood & Forest Science and Technology* **2017**, *24* (3), 35-47. (In Persian)
- Kolahi, M.; Enteghamkesh, N.; Mahmoudmolaei Kermani, B., The Role of Socio-Cultural Components on Citizens' Environmental Behavior, Case Study: Shirvan. *Biannual Journal of Urban Ecology Researches*, **2019**, *10-2* (20), 41-56. (In Persian)
- Kolahi, M.; Jahani, M., Effective Factors on Environmental Citizenship Behavior of Razavieh City. *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development* **2022**, *10* (2), 57-74. (In Persian)
- Klockner, C. A.; Blobaum, A., A comprehensive action determination model: Toward a broader understanding of ecological

- behaviour using the example of travel mode choice. *Journal of Environmental Psychology* **2010**, 30 (4), 574-586.
- Latifinia, A.; Maleknia, R.; Rahimian, M., The use of value-belief-norm model to investigate conservation behavior based on the participation of the ecotourism host community in Zagros forests (case study: Ghaleh-Gol forest, Lorestan). *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2022**, 29 (3), 73-91. (In Persian)
- Lind, H.; Nordfjærn, T.; Jørgensen, S.; Rundmo, T., The value-belief-norm theory, personal norms and sustainable travel mode choice in urban areas. *Journal of Environmental Psychology* **2015**, 44, 119-125.
- Lee, T.H.; Jan, F.H., Can community-based tourism contribute to sustainable development? Evidence from resident's perception of the sustainability. *Tourism Management* **2019**, 70, 368-380.
- Mentizadeh, M.; Zamani, G. H.; Kerami, E. A. Modeling the environmental behavior of Shiraz farmers using Stern's value-belief-norm theory. *Economic research and agricultural development of Iran* **2016**, 45(4): 613-624. (In Persian)
- Masoudi, M.; Selajgeh, S.; Jamal Kamali, M., Investigating the Relationship between Environmental Behavior and Social Responsibility of Citizens (Case Study of Sirjan). *Journal of Geography* **2022**, 20 (72), 171-186. (In Persian)
- Mirfardi, A.; Salamatian, D., Environmental Behavior of Shiraz University Students and its Relationship with Environmental Concern and Information Resources of Environmental Awareness. *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development* **2022**, 10 (2), 135-151. (In Persian)
- Mirhashemi, S.M.; Haghparast, F.; Asefi, M., Investigating the Determinant of Environmental Behaviour: A Qualitative Study in Urban Areas of Iran. *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development* **2020**, 8 (3), 153-164. (In Persian)
- 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. *Forest Research and Development* **2020**, 6(1), 15-27. (In Persian)
- Moradi, S., Evaluation of knowledge, attitude and responsible behavior of students towards the environment (case study: students of Payam Noor University). *Man and Environment* **2017**, 15 (4), 87-98. (In Persian)
- Motamedi Barabadi, S.; Maleknia, R.; Shayan, H.; Gracicutea, F. A., Do the demographic factors can predict pro-environmental behavior of ecotourists? *Journal of Natural Environment* **2020**, 73(2), 369-382. (In Persian)
- Najaf, J.; Mirzee, M.; hosseinpour, A.; Hosseinpour, A., Study and evaluation of family variables and social factors effective on environmental behavior of students in Islam Abad. *Environmental science studies* **2019**, 4(4), 1871-1884. (In Persian)
- Namdar, R.; Pzeshki rad, GH.; Sedighi, H., Application of basic theory in the study of environmental sustainable behavior of farmers: an exploratory analysis. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research* **2017**, 48-2(4), 597-609. (In Persian)
- Neisi, M.; Bijani, M.; Fallah Haghghi, N., Social-cognitive conceptualization of students' pro-environmental behavior in the Iranian agricultural higher education system. *Environmental Sciences* **2020**, 18 (2), 59-76. (In Persian)
- Noori Kohani, M.; Nadi, M.A., Structural relationship between intrinsic and extrinsic motivation, attitude towards knowledge sharing, perceived behavioral control, subjective norms and intention to share knowledge with knowledge sharing behavior. *Bi-Quarterly Scientific Research Journal of Educational and School Studies* **2019**, 8 (1), 127-154. (In Persian)
- Ordóñez Barona, C.; Wolf, K.; Kowalski, J. M.; Kendal, D.; Byrne, J. A.; Conway, T. M., Diversity in public perceptions of urban forests and urban trees: A critical review. *Landscape and Urban Planning* **2022**, 226, 104466.
- Park, C.Y.; Lee, S.; Lee, C.; Reisinger, Y., Volunteer tourists' environmentally friendly behavior and support for sustainable tourism development using Value Belief-Norm theory: Moderating role of altruism. *Journal of Destination Marketing & Management* **2022**, 25, 100712.

- Rafieyan, O., Site Selection and Analyzing the Development Status of Urban Forestry in Tabriz Using GIS and MCDM. *Forest Research and Development* **2019**, 4 (40), 449-462. (In Persian)
- Rezaei, M.; Khodaei Motlagh, M., A Study of Agricultural Students' Awareness, Attitude and Behavior toward Sustainable Development. *Journal of Environmental Science and Technology* **2017**, 19(1), 181-195. (In Persian)
- Sabzehei, M.; Gholipoor, S.; Adinevand, M., A Survey of the Relationship Between Environmental Awareness, Attitude and Pro-environmental Behavior of Female Students at Qom University. *Environmental Education and Sustainable Development* **2016**, 4(4), 16-5. (In Persian)
- Safa, L.; Salahi-Moghaddam, N.; Ganjkanloo, M., Pro- Environmental Behavior Modeling of Rural People based on Value-Belief-Norm Theory (The Case of Khodabandeh County), *Iranian Agricultural Extension and Education Journal* **2018**, 13(2), 91-108. (In Persian)
- Salbitano, F.; Borelli, S.; Chen, Y.; Conigliaro, M., Guidelines on Urban and Peri-Urban Forestry **2016**. In *Fao.*; p 170.
- Schultz, P.; Wesley Kaiser, F. G., "Promoting Pro-Environmental Behaviour". In *Susan D. Clayton (Ed.): The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology*; Oxford University Press. **2012**.
- Salehi, S.; Pazooki, Z., Sustainable Higher Education and Environmental Sustainability. *Journal of Iranian Higher Education* **2014**, 2(6), 93-112. (in Persian)
- Shafaii Moghaddam, M.; Niazi, M., Meta-Analysis of Studies in Relationship between Environmental Knowledge and Environmental Behavior in Iran. *Environment & Interdisciplinary Development* **2020**, 67 (5), 51-64. (In Persian)
- Shirmohamadi, Y.; darabi, G.; Hashemi, Baghi, Z., The effect of value orientation on environmental tourism behavior through the theory of value, opinion, norm and expectation theory among Darband and Darek tourists. *Studies of tourism management* **2020**, 15 (50), 221-252. (In Persian)
- Siedi, M.R.; Baradaran, M.; Yazdanpanah, M., Modeling Effective Factors on the environmental ethical behavior of villagers with an emphasis the theory of value-conscience-normative (Case: Alishravan and Misha Khas in Siwan from Ilam city functions). *Journal de recherche économique et de développement agricole de l'Iran* **2019**, 52 (4). 773- 787. (In Persian)
- Stern, P.C.; Dietz, T.; Abel, T.D.; Guagnano, G. A; Kalof, L., A value- eliefnorm theory of support for social movements, The case of environmentalism". *Human ecology review* **1999**, 6 (2), 81-97.
- Yeboah, F.; Kaplowitz, M., Explaining energy conservation and environmental citizenship behaviors using the value-belief-norm framework. *Human Ecology Review* **2016**, 22 (2), 137-159.
- Zare, A.; Ahmadvand, m.; Rigi, F., The Determinants of Environmental Attitude and Behaviour among Students of Shahid Motahari Agricultural Vocational School of Shiraz. *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development* **2020**, 8 (3-31), 53-68. (in Persian)
- Zareipour, M.; Asgari, E., Environmental literacy Education to Promote Environmental Protection Behaviors. *Journal of Jiroft University of Medical Sciences* **2023**, 10 (1), 1165-1169. (In Persian)
- Zhang, L.; Ruiz-Menjivar, J.; Luo, B.; Liang, Z.; Swisher, M. E., Predicting climate change mitigation and adaptation behaviors in agricultural production: A comparison of the theory of planned behavior and the Value-Belief-Norm Theory. *Journal of Environmental Psychology* **2020**, 68, 101408.

Study of citizens' environmental behaviors using the theory of value-belief-norm: a case study of urban forests in Khorramabad

Parvaneh Mohammadi¹, Rahim Maleknia^{*2} and Mehdi Rahimian³

1- Ph.D. Student of Forestry, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran. (parvanemohammadi1@yahoo.com)

2- Associate Professor, Forestry Department, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran. (maleknia.ir@lu.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Rural Development, Lorestan University, Khorramabad, I. R. Iran. (rahimian@lu.ac.ir)

Received: 05 November 2023

Accepted: 20 February 2024

Abstract

Background and Objectives: Human behavior can lead to the destruction of various ecosystems, including urban forests. To prevent this destruction, it is necessary for human behavior to shift towards an environmentally friendly approach. Environmental behavior of individuals is influenced by various human and environmental factors and varies among different individuals and environments. Understanding this behavior requires a detailed examination of individual and social circumstances. Given the role and importance of urban forests in environmental conservation, the environmental behavior of visitors to urban forests is a prominent and significant topic that can contribute to the effective management of these urban resources. Studying the attitudes and behaviors of visitors to urban forests in order to engage them in the management of this green component of the city is an important step in conservation management and the development of participatory programs. Therefore, this research aims to contribute to the understanding and prediction of the participatory behavior of visitors to urban forests by examining the determinants of their environmental behavior.

Materials and Methods: This study was conducted in the urban forests of Khorramabad, located in Lorestan province. The statistical population of this research consisted of visitors over the age of 15 to the urban forests of Khorramabad. The sample size of the study was calculated as 384 individuals based on the krejcie-Morgan table. To increase accuracy, a higher number of samples were taken, and ultimately 401 individuals were included in the calculations as the final sample size. The samples were randomly selected from different parks in the city. A researcher-developed questionnaire was used to collect study data. The validity of the questionnaire was assessed and confirmed based on face validity (opinions of university faculty members and experts in forestry, rural extension, urban planning, and social sciences) and convergent validity based on extracted variance. In addition, the reliability of the questionnaire was evaluated using Cronbach's alpha and composite reliability. According to the results of the investigation, it was determined that the variables used in the research have good reliability. Considering the research objectives, the SPSS software was used for qualitative data analysis, and the Smart PLS software was used to examine the relationships between independent and dependent variables in the form of structural equations and to test research hypotheses.

Results: According to the results obtained from the study, the first hypothesis of the research was confirmed ($t = 8.778$, $p\text{-value} = 0.000$), indicating a significant effect of individuals' orientation ecological values on their ecological worldview. Furthermore, the results of the study showed a significant relationship ($t = 3.129$, $p\text{-value} = 0.000$) between the altruistic values and the ecological worldview of visitors to urban forests in Khorramabad (second hypothesis). However, the findings indicated that the egostic values had no significant relationship ($t = 1.829$, $p\text{-value} = 0.450$) with the ecological worldview of visitors to urban forests, and therefore the third hypothesis was not confirmed. Based on the findings of the research, it was determined that the fourth hypothesis, based on the significant relationship between the ecological worldview of visitors and their awareness of the consequences of urban forest destruction ($t = 9.997$, $p\text{-value} = 0.000$), as well as the significant relationship between visitors' awareness of forest destruction consequences and their sense of

* Corresponding author

Tel: +989126806297

responsibility ($t = 8.921$, p -value = 0.000) was confirmed. The sixth hypothesis, which was about the significant relationship between visitors' sense of responsibility and their personal norms ($t = 21.926$, p -value = 0.000), and the seventh hypothesis, which was about the significant relationship between visitors' personal norms and their environmental behavior ($t = 97.075$, p -value = 0.000), were also confirmed. Overall, the variables used in the study explained 80.4% of the variance in the conservative behavior of visitors to urban forests in Khorramabad. Comparing all the values obtained from the fit indices of the belief-attitude-norm model with the desired values showed that these values were all within the standard range and had appropriate fit based on the provided fit indices. In general, structural equation modeling indicated a good fit for the research's structural model.

Conclusion: Considering that environmental behavior is one of the key elements of sustainable environment management, this variable can be related to effective conservation of urban forests. Studying the environmental behavior of citizens as the most important component of participatory management of these resources can be a fundamental and initial step in the conservation of urban forests. Therefore, examining the environmental behavior of citizens is important for minimizing the negative impact of human activities on the environment and improving it. Environmental behaviors not only have a positive effect on improving environmental quality but also create a healthy and positive life for individuals in society. Suitable educational approaches are needed to preserve urban forests, which can promote knowledge, behavior, and environmental attitudes. In this regard, efforts should be made to identify factors that influence citizens' inclination to preserve urban forests because with an understanding of these factors, ways can be provided to change destructive behavior and encourage positive behaviors.

Keywords: Environmental behavior, Ecological values, conservation, Urban forests.

ارزیابی اثر کود معدنی هربان و سوپر جاذب در مقاومت به تنش خشکی نهال‌های زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.)

علی مقصدلو^۱، وحیده پیام‌نور^{۲*}، عرفان محمدزاده^۳، محمد اسماعیل پور^۴ و صادق آتشی^۵

۱- کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
(maghsodlo.a54@yahoo.com)

۲- دانشیار، گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
(mnoori56@gmail.com)

۳- دکتری جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. (ecology2020@yahoo.com)

۴- استادیار، گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز، اهر، ایران. (m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir)

۵- مربی، گروه جنگلشناسی و اکولوژی جنگل، دانشکده علوم جنگل، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
(sadegh.a.3@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۱

چکیده

مقدمه و هدف: تلاش‌های زیادی در مراحل اولیه استقرار و رویش نهال‌ها، برای افزایش دادن مقاومت آنها در برابر تنش‌های محیطی انجام می‌شود تا موفقیت طرح‌های درختکاری افزایش یابد. چگونگی افزایش دوره آبیاری و کاهش هزینه‌های آن از اهداف پژوهشگران است. طرح‌های جنگلکاری در سال‌های اخیر، با توجه به اهمیت محیط زیستی و اقتصادی-اجتماعی، رشد بسیاری داشته و به صورت یک فعالیت توسعه-ای در سطح بین‌الملل مطرح شده و در این زمینه از فناوری روز دنیا استفاده می‌شود. روش‌های مختلفی مانند استفاده از تیمارهای سوپر جاذب و کود هربان که به نحوی اثرهای منفی تنش خشکی را کاهش دهند، مورد آزمون قرار گرفته است. هدف این پژوهش، بررسی اثر استفاده از تیمارهای سوپر جاذب و کود معدنی هربان بر مقدار مقاومت نهال‌های یک‌ساله زیتون تلخ در شرایط تنش خشکی است.

مواد و روش‌ها: نهال‌های یک‌ساله زیتون تلخ از نهالستان قرق استان گلستان تهیه شد. به این منظور ۱۰۰۰ نهال ریشه‌ای تهیه و ۳۶۰ نهال با قطر یقه، ارتفاع و طول ریشه به نسبت برابر انتخاب شد. کاشت نهال‌ها در گلدان اندازه هفت (اندازه دقیق دهانه: ۲۳ سانتی‌متر و اندازه دقیق ارتفاع: ۲۱/۵ سانتی‌متر) در اواسط اسفند ماه انجام شد. پس از اعمال کود و سوپر جاذب (۰، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ گرم)، دوره آبیاری در سه دوره پنج، ۱۰ و ۱۵ روز یک بار به مدت ۱۴۰ روز انجام شد. سپس رشد قطری، رشد طولی، تعداد برگ، کلروفیل a،

کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید، پتانسیل آبی برگ، محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن مخصوص برگ، طول بلندترین ریشه فرعی، زی توده تر و خشک، نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ اندازه گیری شد. مقایسه میانگین داده‌ها به وسیله آزمون دانکن در سطح آماری یک و پنج درصد انجام شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیشترین سطح برگ با استفاده از ۵۰ گرم سوپر جاذب و دوره آبیاری پنج روزه به میزان ۶۳/۱۲۷ سانتی متر مربع بود، در حالی که کمترین سطح برگ با همان میزان سوپر جاذب و دوره آبیاری ۱۵ روزه به ۹۵۸/۶۸ سانتی متر مربع رسید. تأثیر متقابل سطوح تیمار و تنش خشکی بر کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها، وزن مخصوص برگ و محتوای نسبی آب برگ معنادار بود. بیشترین پتانسیل آبی با استفاده از ۲۵ گرم سوپر جاذب در شرایط آبیاری پنج روزه و کمترین پتانسیل با همین میزان سوپر جاذب در شرایط آبیاری ۱۵ روزه مشاهده شد. نهال‌هایی که هر پنج روز یکبار آبیاری شدند، در شرایط استفاده از ۷۵ گرم سوپر جاذب بیشترین مقدار نیتروژن و پتاسیم را داشتند، در حالی که ۲۵ گرم سوپر جاذب در شرایط آبیاری ۱۵ روزه بیشترین مقدار فسفر را به همراه داشت. اثر متقابل سطوح تیمار و تنش خشکی بر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلروفیل‌ها، کاروتنوئیدها، وزن مخصوص برگ و محتوای نسبی آب برگ معنادار بود، اما بر دیگر صفات اندازه‌گیری شده بی‌اثر بود. تنش خشکی تأثیر معناداری بر همه صفات داشت، در حالی که کاربرد سطوح مختلف سوپر جاذب تنها بر سه عنصر اندازه‌گیری شده و مساحت، سطح ویژه و وزن مخصوص برگ معنادار بود. بیشترین وزن مخصوص برگ و درصد محتوای نسبی آب برگ در شرایط ۵۰ و ۲۵ گرم سوپر جاذب و آبیاری پنج روزه مشاهده شد. همچنین، ۵۰ گرم سوپر جاذب در دوره آبیاری ۱۰ روزه، بیشترین مقدار کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها را به همراه داشت. بیشترین نیتروژن، فسفر و پتاسیم در شرایط آبیاری پنج روزه و استفاده از ۷۵ گرم سوپر جاذب مشاهده شد. تنش خشکی و سطوح مختلف سوپر جاذب بر قطر نهال‌ها بی‌اثر بود، اما بر ارتفاع و تعداد برگ‌ها تأثیر داشت. بیشترین ارتفاع ساقه در شرایط آبیاری پنج روزه و استفاده از ۵۰ و ۷۵ گرم سوپر جاذب به دست آمد که دو برابر ارتفاع شاهد بود.

نتیجه‌گیری کلی: به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که استفاده از سوپر جاذب آب و کود معدنی هربان به دلیل فراهمی رطوبت و تقویت در منطقه اطراف ریشه شرایط بهتری را برای رشد به‌ویژه در شرایط کم‌آبی و تنش خشکی فراهم می‌کند. با اینکه ادامه پژوهش برای یک فصل رویشی دیگر می‌تواند نتایج مطمئن‌تری در ارائه پیشنهادها به‌دنبال داشته باشد ولی با توجه به اثرات مثبت سوپر جاذب و کود معدنی هربان در استقرار و تقویت نهال‌های زیتون تلخ می‌توان استفاده از این مواد را در طرح‌های درختکاری با این گونه ارزشمند پیشنهاد کرد.

واژه‌های کلیدی: سوپر جاذب آب، کلروفیل، کود معدنی هربان.

محدود است. در پژوهشی، برای بررسی اثر سوپرچاذب در کاهش تنش خشکی نهال آکاسیا (*Acacia victoriae*)، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از سوپرچاذب بر شاخص‌های قطر یقه، ارتفاع نهال، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر اندام هوایی، محتوای نسبی آب برگ و پرولین اثر معنی‌داری داشت (Tongo et al., 2015). بررسی اثر سوپرچاذب بر مقدار رشد نهال بادام (*Amygdalus communis*) نشان داد که در اواسط فصل رویش، سوپرچاذب بر برخی از صفات رشد تاثیر معنی‌داری دارد (Jalili et al., 2011). در پژوهش دیگری، ضمن بررسی اثر سوپرچاذب بر رشد و زنده‌مانی بلوط چوب‌پنبه‌ای در منطقه مامورا در مراکش، نتیجه‌گیری شد که پتانسیل خوبی در مواد سوپرچاذب برای کاهش دادن هزینه‌های آبیاری و در نهایت تسهیل احیای جنگل‌ها وجود دارد (El Alami et al., 2023). در میان گونه‌های درختی مورد پژوهش در اروپای مرکزی شامل صنوبر، بلوط، کاج و راش، فقط نهال‌های بلوط پاسخ مثبتی به تیمار سوپرچاذب از خود نشان داد (Tomášková et al., 2023). اثر مثبت سوپر چاذب برای گونه کاج نیز گزارش شد (Sarvaš et al., 2007).

کودهای معدنی موادی طبیعی حاوی مواد مغذی ضروری برای رشد و نمو طبیعی گیاهان و یک رویکرد امیدوارکننده برای کاهش استفاده از مواد شیمیایی هستند. این کودها به واسطه داشتن عناصر غنی سبب بازگشت خاک به حالت طبیعی شده و در نهایت سبب رشد بهتر گیاه می‌شوند. کود معدنی هربان مورد استفاده در این پژوهش در موسسه خاک و آب کشور و وزارت جهاد کشاورزی به‌عنوان یک ماده معدنی به شماره ۹۱۲۵۳ به ثبت رسیده است. تنها

خشکسالی یکی از بلاهای طبیعی است که وضعیت اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی هر کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تلاش‌های زیادی در مراحل اولیه استقرار و رویش نهال‌ها، برای افزایش دادن مقاومت آنها در برابر تنش‌های محیطی انجام می‌شود تا موفقیت طرح‌های درختکاری افزایش یابد (Tabandeh Saravi et al., 2021; Rahiminasab and Tabandeh Saravi, 2017; Tabande Saravi et al., 2016). چگونگی افزایش دادن دوره آبیاری و کاهش هزینه‌های آن از اهداف پژوهشگران این بخش است (Eshaghi Rad and Mousavi Mirkala, 2015). طرح‌های جنگلکاری در سال‌های اخیر، با توجه به اهمیت محیط‌زیستی و اقتصادی - اجتماعی، رشد بسیاری داشته و به صورت یک فعالیت عمرانی و توسعه‌ای در سطح بین‌الملل مطرح شده و در این زمینه از فناوری روز دنیا استفاده می‌شود (Keshvarz et al., 2021). در همین راستا، روش‌های مختلفی که به نحوی اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهند؛ مورد آزمون قرار گرفته است. یکی از این موارد سوپرچاذب‌ها هستند. سوپر چاذب‌ها مواد سازگار با محیط‌زیست و غیرسمی هستند که به دلیل خواص بیوشیمیایی و ساختاری منحصر به فردشان، توانایی جذب و ظرفیت نگهداری آب بالایی را در خاک دارند. این پلی‌مرها می‌توانند آب را بیش از وزن خود نگه دارند و می‌توانند ویژگی‌های خاک مانند تخلخل و ظرفیت نگهداری آب را بهبود ببخشند و مقدار ازدست رفتن نیتروژن را در خاک تا ۴۵ درصد کاهش دهند (Malik et al., 2023). گزارش‌هایی از اثرات مثبت کاربرد سوپر چاذب‌ها بر گیاهان مزرع‌ای وجود دارد (Satriani et al., 2018; Rajanna et al., 2022) با این حال، پژوهش‌ها در مورد اثر آنها بر درختان،

گزارش شده است (Batoli et al., 2011). این گونه به دلیل داشتن ویژگی‌های سودمند و سازگار با شرایط مختلف، برای برنامه‌های احیای جنگل و جنگلکاری مناسب است (Dias et al., 2014). علاوه بر این، خاصیت میکروبی‌کشی و آفت‌کشی مشتقات گیاهان خانواده Meliaceae، مانند زیتون تلخ مورد توجه است (Sohrabi and Kohanmoo, 2017). از تمام بخش‌های این گونه استفاده‌های متنوعی در زمینه‌های مختلف مانند داروسازی، تولید جاذب زیستی و فضای سبز شهری استفاده می‌شود (Salahi Ardakani and Heydari Alizadeh, 2015).

با توجه به شرایط کم‌آبی حاکم بر ایران، این پژوهش در پی پاسخ به این پرسش که آیا استفاده از کود معدنی هربان و یا سوپرجاذب آب می‌تواند اثرات منفی تنش خشکی را بر نهال‌های زیتون تلخ یک‌ساله کاهش دهد، برای نخستین بار انجام شده است.

مواد و روش‌ها

نهال‌های یک‌ساله زیتون تلخ از نهالستان قرق استان گلستان تهیه شد. به این منظور ۱۰۰۰ نهال ریشه‌ای تهیه و ۳۶۰ نهال با قطر یقه، ارتفاع و طول ریشه به نسبت برابر انتخاب شد. خاک مناسب از منطقه بندر ترکمن استان گلستان تهیه و غربال شد.

قبل از کاشت، قطر یقه، ارتفاع نهال و طول ریشه اصلی اندازه‌گیری و ثبت شد. کاشت نهال‌ها در گلدان سایز هفت (اندازه دقیق دهانه: ۲۳ سانتی‌متر و اندازه دقیق ارتفاع: ۲۱/۵ سانتی‌متر) در اواسط اسفند ماه انجام شد. برای ارزیابی اثر سوپرجاذب و کود معدنی هربان در مقاومت به تنش خشکی نهال‌های زیتون تلخ، آزمایشی به صورت عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه دوره آبیاری پنج، ۱۰ و ۱۵ روزه در چهار سطح سوپر جاذب و کودی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ و

نمونه مشابه آن، آزومایت، محصول معدنی و طبیعی در منطقه یوتای آمریکا است (Rostami and Moghadam, 2018). این کود شامل بیش از ۶۰ عنصر از قبیل عناصر مغذی ریز و درشت و نیز عناصر کمیاب است که احتمالاً می‌تواند سبب اصلاح خاک شود. جذب تدریجی، ظرفیت بالای یونی و حفظ کردن رطوبت از مزایای این کود معدنی نسبت به انواع کود شیمیایی است (سایت شرکت هربان، <http://herbban.com>). اثر کود معدنی هربان بر صفات مورفولوژیکی زیتون تلخ (*M. azedarach* L.) بررسی شد و نتایج نشان داد کوددهی موجب افزایش معنی‌دار رشد طولی نهال‌ها شده ولی بر دیگر صفات مورفولوژیکی اثری ندارد (Mohammadi et al., 2021). بررسی مشابهی بر روی گل گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum*) انجام شد و نتایج نشان داد صفات مورفولوژیکی گاوزبان ایرانی مانند وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ و تعداد گل‌های تازه روی بوته در مقایسه با دیگر تیمارهای آزمایشی بیشترین مقدار را داشت (Yazarloo et al., 2022). در پژوهشی به بررسی اثر هربان (که از نام آزیموت برای آن استفاده کردند) بر روی رشد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ریحان تحت تنش شوری پرداخته شد. نتایج نشان داد مصرف هربان به عنوان یک ماده طبیعی سبب افزایش رشد گیاه و بهبود ویژگی‌های بیوشیمیایی می‌شود (Rostami and Moghadam, 2018).

زیتون تلخ (*Melia azedarach* L.) درختی زیبا با برگ‌های مرکب به رنگ سبز تیره، گل‌های بنفش و معطر و میوه‌های کوچک، تخم‌مرغی به رنگ سفید مایل به زرد و شبیه میوه کنار و از تیره Meliaceae بوده و تاکنون بالغ بر ۱۵ گونه از این جنس در جهان و دو گونه (*M. indica* و *M. azedarach*) در ایران

ارتفاعی با استفاده از متر نواری اندازه‌گیری شد. تعداد برگ‌ها هر ۲۵ روز یک بار در طی دوره ۱۵۰ روزه به‌طور مستقیم و با مشاهده چشمی یادداشت شد. زی-توده تر و خشک برگ، ریشه و کل (توزین تمام برگ-ها، ساقه و ریشه‌ها به‌صورت وزن تر و خشک با استفاده از ترازوی ۰/۰۰۱ گرم) نیز اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت کلروفیل b,a، کلروفیل کل و کاروتینوئید، ابتدا ۰/۲۵ گرم نمونه برگ‌گی تازه از هر تیمار آزمایشی در پنج میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید ((DMSO) به‌مدت سه ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آن قرار داده شد. بعد از صاف کردن نمونه‌ها با کاغذ صافی واتمن، جذب نوری عصاره‌های برگ‌گی در طول موج‌های ۴۸۰، ۶۴۹، ۶۶۵، و ۵۱۰ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر اندازه‌گیری شد (Mohebi Bijarpasi., 2018). محاسبه پتانسیل آبی با انتخاب جوان‌ترین برگ باز شده و خشک کردن نمونه پنج گرمی در آن با دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد با استفاده از رابطه زیر انجام شد:

$$\text{رابطه ۱} = \frac{\text{وزن ظرف و نمونه بعد از خشک کردن} - \text{وزن ظرف و نمونه قبل از خشک کردن}}{\text{وزن نمونه}} = \text{پتانسیل آبی}$$

سطح برگ‌ها با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج، وزن مخصوص برگ از تقسیم وزن خشک برگ بر سطح برگ، میانگین سطح برگ (با تقسیم مساحت کل برگ‌ها به تعداد برگ) و سطح ویژه برگ از نسبت سطح برگ بر وزن خشک برگ محاسبه شد. مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم با روش Mashayekhi and Atashi (2014) برآورد شد.

این پژوهش در قالب طرح کامل تصادفی انجام شده است. برای ۱۵ عامل مورد اندازه‌گیری شامل کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتینوئید، پتانسیل آبی برگ، محتوای نسبی آب برگ، سطح

تیمار شاهد اجرا شد (دو تیمار اصلی × چهار سطح × سه دوره آبیاری × سه تکرار × پنج نهال در هر تکرار). کود در سطح گلدان‌ها پخش و سپس تا عمق پنج سانتی‌متر (طبق توصیه شرکت تولیدکننده) با خاک ترکیب شد و برای سوپرجاذب نیز مواد در نزدیکی عمق ریشه با فاصله تقریبی ۱۰ سانتی‌متری به‌صورت لایه‌ای بر روی خاک قرار داده شد. پس از اعمال کود و سوپرجاذب در سطوح ذکرشده، دوره آبیاری به‌مدت ۱۵۰ روز انجام شد. همچنین مقدار آب مورد استفاده در هر دوره آبیاری مقداری بود که آب از کف گلدان خارج شد. صفات رشد قطری، رشد طولی، تعداد برگ، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتینوئید، پتانسیل آبی برگ، محتوای نسبی آب برگ، سطح برگ، سطح ویژه برگ، وزن مخصوص برگ، طول بلندترین ریشه فرعی، زی‌توده تر و خشک، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ اندازه‌گیری شد. رویش قطری نهال‌ها با استفاده از کولیس دیجیتال و دقت صدم میلی‌متر و رویش

محتوای نسبی آب برگ با نمونه‌برداری از آخرین برگ توسعه یافته تمامی تیمارهای آزمایشی انجام و نمونه‌ها بلافاصله درون یخ قرار داده شد. در آزمایشگاه وزن تر اولیه (Fw) و وزن اشباع نمونه‌ها پس از قرار گرفتن ۲۴ ساعته در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در آب مقطر (Sw) اندازه‌گیری شد. برگ‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آن قرار گرفته و وزن خشک هر کدام اندازه‌گیری شد (Dw). محتوای نسبی آب برگ با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{رابطه ۲} \quad \text{RWC} = \frac{\text{Fw} - \text{Dw}}{\text{Sw} - \text{Dw}} \times 100$$

زیتون تلخ تحت تنش خشکی در جدول ۱ آمده است. بکارگیری سطوح مختلف سوپر جاذب فقط بر پتانسیل آبی، کلروفیل b و سه عنصر نیتروژن فسفر و پتاسیم اثر داشت. اعمال تنش از طریق فواصل دوره آبیاری بر زی توده تر و خشک، پتانسیل آبی، سطح برگ و وزن مخصوص برگ، همچنین کلروفیل a و b و سه عنصر مورد اندازه گیری در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی دار شده است. اثر متقابل اعمال سطوح مختلف تیمار سوپر جاذب در شرایط خشکی بر سه عنصر ذکر شده و همچنین بر دو صفت پتانسیل آبی و سطح برگ اثر معنی دار دارد. میانگین این اثر در جدول ۲ نشان داده شده است.

برگ، سطح ویژه برگ، وزن مخصوص برگ، طول بلندترین ریشه فرعی، زی توده تر و خشک، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، طرح عاملی با دو عامل شامل سطوح تیمار (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ گرم) و دوره آبیاری (پنج، ۱۰ و ۱۵ روز) و برای سه عامل قطر یقه، تعداد برگ و ارتفاع نهالها از طرح عاملی با سه عامل (دوره نمونه برداری × دوره آبیاری × سطوح تیمار) در قالب GLM استفاده شد. همچنین، مقایسه میانگین داده ها به وسیله آزمون دانکن در سطح آماری یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس اثر سوپر جاذب بر میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهالهای

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر سوپر جاذب بر میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهالهای زیتون تلخ
Table 1. Analysis of variance of the effect of superabsorbent on the mean square of morphological and physiological traits of bitter olive seedlings

میانگین مربعات					منبع تغییرات Source of variation
کل Total	خطا Error	سطوح تیمار × دوره آبیاری Irrigation period * treatment level	دوره آبیاری Irrigation period	سطح تیمار Treatment level	
35	24	6	2	3	درجه آزادی Degree of freedom
	9708.391	3132.451 ^{ns}	72626.653*	13996.118 ^{ns}	زی توده تر Wet biomass
	1533.044	334.480 ^{ns}	9808.920*	1286.417 ^{ns}	زی توده خشک Dry biomass
	0.003	0.020*	0.021*	0.027*	پتانسیل آبی Water potential
	140.688	171.840 ^{ns}	86.896 ^{ns}	115.618 ^{ns}	طول ریشه فرعی Rootlet length
	281.902	1340.512*	2992.856*	321.482 ^{ns}	سطح برگ Leaf area
	72432.622	89812.315 ^{ns}	157891.074 ^{ns}	52449.735 ^{ns}	سطح ویژه Special area
	0.00	0.00 ^{ns}	0.001*	0.000 ^{ns}	وزن مخصوص برگ Leaf specific weight

* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و عدم اختلاف است.

* and ns indicate a significant difference at the 95% probability level and no difference, respectively.

ادامه جدول ۱.

Continued table 1.

میانگین مربعات					منبع تغییرات Source of variation
کل Total	خطا Error	سطوح تیمار × دوره آبیاری Irrigation period * treatment level	دوره آبیاری Irrigation period	سطح تیمار Treatment level	
	82.121	88.828 ^{ns}	96.689 ^{ns}	212.308 ^{ns}	درصد محتوای نسبی آب Percentage of relative leaf water content
	0.003	0.002 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.005 ^{ns}	کلروفیل a Chlorophyll a
	0.0002	0.0001 ^{ns}	0.002*	0.001*	کلروفیل b Chlorophyll b
	0.004	0.003 ^{ns}	0.015*	0.010 ^{ns}	کلروفیل کل Total Chlorophyll
	0.002	0.001 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.003 ^{ns}	کارتنوئید Carotenoid
	0.00	0.003*	0.016*	0.106*	فسفر (درصد) Phosphorus (%)
	0.017	0.182*	1.338*	5.055*	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)
	0.001	0.083*	0.011*	0.278*	پتاسیم (mg/kg) Potassium (mg/kg)

* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و عدم اختلاف است.

* and ns indicate a significant difference at the 95% probability level and no difference, respectively.

جدول ۳ نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر کود هربان بر میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهال‌های زیتون تلخ تحت تنش خشکی را نشان می‌دهد. اثر متقابل سطوح تیمار و تنش خشکی بر سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم، کلروفیل‌ها، کارتنوئید، وزن مخصوص برگ و محتوای نسبی آب برگ معنادار و بر دیگر صفات اندازه‌گیری شده بی‌اثر بود. تنش خشکی بر همه صفات اثر معنادار داشت؛ درحالی‌که کاربرد سطوح مختلف هربان فقط بر سه عنصر اندازه‌گیری شده و عوامل مساحت، سطح ویژه و همچنین وزن مخصوص برگ معنادار بود.

همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین مقدار سطح برگ مربوط به استفاده از تیمار سوپرچاذب ۵۰ گرم در زمان آبیاری پنج‌روزه به مقدار ۱۲۷/۶۳ سانتی‌متر مربع و کمترین آن به مقدار ۶۸/۹۵۸ سانتی‌متر مربع مربوط به اعمال تیمار ۵۰ گرم در زمان آبیاری ۱۵ روزه بود. بیشترین پتانسیل آبی بعد از اعمال ۲۵ گرمی سوپرچاذب در شرایط آبیاری پنج روزه و کمترین مقدار مربوط به همین سطح تیمار در شرایط آبیاری ۱۵ روزه بود. نهال‌هایی که هر پنج روز یکبار آبیاری می‌شدند در شرایط اعمال ۷۵ گرم سوپرچاذب بیشترین نیتروژن و پتاسیم را داشتند. اعمال ۲۵ گرم سوپرچاذب در شرایط آبیاری ۱۵ روزه سبب بیشترین مقدار فسفر در نهال‌ها شد.

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثر سوپرجاذب بر صفات مورد اندازه‌گیری در نهال‌های زیتون تلخ تحت تنش خشکی

Table 2. Comparison of the mean effect of superabsorbent on the traits measured in bitter olive seedlings under drought stress

پتاسیم (mg/kg) Potassium (mg/kg)	نیترژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	سطح برگ Leaf area	پتانسل آبی Water potential	سطوح تیمار Treatment levels	آبیاری Irrigation
0.605	0.9081	0.0504	74.2867	0.7124	شاهد Control	
0.859	1.1083	0.1487	99.9500	0.9885 ^a	۲۵ گرم 25 g	۵ روز 5 days
0.943	2.0560	0.2890	127.6323 ^a	0.7518	۵۰ گرم 50 g	
1.197 ^a	3.0993 ^a	0.3047	122.3080 ^a	0.6763	۷۵ گرم 75 g	
0.606	0.7700	0.0335	102.9571	0.7210	شاهد Control	
0.782	1.0293	0.1093	104.1629	0.7230	۲۵ گرم 25 g	۱۰ روز 10 days
0.849	1.7903	0.2647	116.0347 ^a	0.6799	۵۰ گرم 50 g	
0.963	2.3103	0.2843	120.5209 ^a	0.7480	۷۵ گرم 75 g	
0.577	0.5520	0.0303	108.4586 ^a	0.7340	شاهد Control	
0.686	0.8743	0.0926 ^a	76.2435	0.7317	۲۵ گرم 25 g	۱۵ روز 15 days
0.787	1.2473	0.1480	68.9583	0.6462	۵۰ گرم 50 g	
0.895	1.8273	0.2377	72.1628	0.7057	۷۵ گرم 75 g	

حرف a نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار است.

a letter indicates statistically significant difference.

جدول ۳ - تجزیه واریانس اثر کود هربان بر میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی نهال‌های زیتون تلخ

Table 3. Analysis of variance of the effect of Herban fertilizer on the mean square of morphological and physiological traits of bitter olive seedlings

میانگین مربعات Mean of square					منبع تغییرات Source of variation
کل Total	خطا Error	سطوح تیمار × دوره آبیاری Irrigation period × treatment level	دوره آبیاری Irrigation period	سطح تیمار Treatment level	
35	24	6	2	3	درجه آزادی Degree of freedom
3319.811	1556.881 ^{ns}	20908.813*	5163.619 ^{ns}		زی توده تر Wet biomass

ادامه جدول ۳.

Continued table 3.

میانگین مربعات					منبع تغییرات Source of variation
Mean of square					
کل Total	خطا Error	سطوح تیمار × دوره آبیاری Irrigation period × treatment level	دوره آبیاری Irrigation period	سطح تیمار Treatment level	
	526.952	139.477 ^{ns}	1384.398*	339.119 ^{ns}	زی توده خشک Dry biomass
	0.003	0.005 ^{ns}	0.008*	0.001 ^{ns}	پتانسیل آبی Water potential
	75.38	91.632 ^{ns}	477.132 ^{ns}	11.340 ^{ns}	طول ریشه فرعی Rootlet length
	277.162	306.207 ^{ns}	4642.969*	2046.121*	سطح برگ Leaf area
	9438.467	9718.378 ^{ns}	74748.798*	82201.354*	سطح ویژه Special area
	0.00	0.00*	0.001*	0.000*	وزن مخصوص برگ Leaf specific weight
	68.664	274.718*	288.664*	78.747 ^{ns}	درصد محتوای نسبی آب برگ Percentage of relative leaf water content
	0.003	0.010*	0.033*	0.005 ^{ns}	کلروفیل a Chlorophyll a
	0.00	0.001*	0.003*	0.001 ^{ns}	کلروفیل b Chlorophyll b
	0.005	0.017*	0.054*	0.008 ^{ns}	کلروفیل کل Total Chlorophyll
	0.001	0.001*	0.006*	0.001 ^{ns}	کارتنوئید Carotenoid
	0.00	0.005*	0.038*	0.097*	فسفر (درصد) Phosphorus (%)
	0.030	0.211*	2.711*	4.648*	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)
	0.023	0.279*	0.062*	0.163*	پتاسیم (mg/kg) Potassium (mg/kg)

* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و عدم اختلاف است.

* and ns indicate a significant difference at the 95% probability level and no difference, respectively.

در سطح ۵۰ و ۲۵ گرم تحت تأثیر کود هربان با دوره آبیاری پنج روزه بودند. اعمال ۵۰ گرم کود هربان در شرایط آبیاری ۱۰ روز یک بار، سبب شد نهال‌ها بیشترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل و

مقایسه میانگین اثر متقابل اعمال سطوح مختلف هربان در شرایط تنش خشکی (جدول ۴) نشان می‌دهد؛ بیشترین مقدار وزن مخصوص برگ و درصد محتوای نسبی آب برگ مربوط به نهال‌هایی است که به ترتیب

همچنین کاروتنوئید را داشته باشند. بیشترین مقدار نیتروژن، فسفر و پتاسیم در شرایط آبیاری پنج روزه و پس از اعمال ۷۵ گرم هریان مشاهده شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر کود هریان بر صفات مورد اندازه‌گیری در نهال‌های زیتون تلخ تحت تنش خشکی

Table 4. Comparison of the mean effect of Herban fertilizer on the traits measured in bitter olive seedlings under drought stress

پتاسیم (mg/k)	نیتروژن (درصد)	فسفر (درصد)	کاروتنوئید	کلروفیل کل	کلروفیل b	کلروفیل a	درصد محتوای نسبی آب برگ	وزن مخصوص برگ	سطوح تیمار	آبیاری
Potassium (mg/kg)	Nitrogen (%)	Phosphorus (%)	Carotenoid	Total Chlorophyll	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Percentage of relative leaf water content	Leaf specific weight	Treatment levels	Irrigation
0.636	0.8907	0.0443	0.1616	0.4356	0.0944	0.3413	52.5841	0.0070	شاهد	۵ روز 5 days
.901	1.5160	.1520	.1820	.5011	.1093	.3917	76.7337 ^a	0.0199	۲۵ گرم	
.977	2.4677	.2980	.2025	.5752	.1257	.4495	52.0138	.0363 ^a	۵۰ گرم	
1.277 ^a	3.1473 ^a	.3317 ^a	.1854	.5107	.1058	.4049	46.7753	.0294	۷۵ گرم	
.618	.7750	.0351	.1707	.4540	.0947	.3593	54.7752	.0037	شاهد	۱۰ روز 10 days
.716	.9120	.1387	.2178 ^a	.6396 ^a	.1324	.5072 ^a	43.2446	.0199	۲۵ گرم	
.807	1.6230	.2540	.2248 ^a	.6369 ^a	.1431 ^a	.4939 ^a	48.5799	.0094	۵۰ گرم	
.605	2.1807	.2863	.1983	.5594	.1156	.4438	47.4538	.0113	۷۵ گرم	
.527	.5713	.0262	.1824	.5189	.1061	.4128	46.8350	.0031	شاهد	۱۵ روز 15 days
.627	.7937	.0740	.1464	.3963	.0767	.3099	46.5508	.0036	۲۵ گرم	
.741	1.1970	.1053	.1512	.4164	.0799	.3365	48.4164	.0057	۵۰ گرم	
.827	1.7367	.1890	.149	.4204	.0905	.3266	52.3981	.0138	۷۵ گرم	

حرف a نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار است.

a letter indicates statistically significant difference.

خشکی و با لحاظ دوره‌های نمونه‌برداری نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود دوره نمونه‌برداری پس از اعمال سوپرچادب در شرایط تنش فقط بر روی ارتفاع ساقه اثر معنادار داشت. تنش

تعداد برگ، ارتفاع و قطر نهال‌ها به صورت دوره‌ای (شش بار) اندازه‌گیری شد. جدول ۵ اثر سوپرچادب و جدول شش اثر استفاده از هریان بر میانگین مربعات این سه عامل را در شرایط تنش

خشکی و همچنین اعمال سطوح مختلف سوپرجاذب سه منبع تغییرات فقط بر ارتفاع ساقه معنادار بود بر قطر نهال‌ها بی‌اثر بود اما روی ارتفاع و تعداد برگ (جدول ۵). در سطح احتمال ۹۵ درصد اثر داشت. اثر متقابل هر

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر سوپرجاذب بر میانگین مربعات قطر یقه، تعداد برگ و ارتفاع ساقه زیتون تلخ

Table 5. Analysis of variance the effect of superabsorbent on mean square diameter of collar, number of leaves and stem height of bitter olive

میانگین مربعات Mean of square						
کل Total	خطا Error	دوره نمونه‌برداری × سطوح تیمار × دوره‌آبیاری Irrigation period * treatment level	دوره آبیاری Irrigation period	سطح تیمار Treatment level	دوره نمونه‌برداری Sampling period	منبع تغییرات Source of variation
216	144	30	2	3	5	درجه آزادی Degree of freedom
	217.060	216.085 ^{ns}	85.794 ^{ns}	166.612 ^{ns}	361.153 ^{ns}	قطر یقه Collar diameter
	7.859	3.644 ^{ns}	97.834*	87.320*	8.580 ^{ns}	تعداد برگ Number of leaves
	93.740	231.977*	23037.003*	3869.947*	25385.499*	ارتفاع ساقه Stem length

* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و عدم اختلاف است.

* and ns indicate a significant difference at the 95% probability level and no difference, respectively.

(جدول ۷ به صورت پیوست ارائه شده است). نتایج نشان داد پس از پایان نمونه‌برداری (۱۵۰ روز)، بیشترین ارتفاع ساقه (بیشتر از ۱۳۰ سانتی‌متر) در شرایط آبیاری پنج روزه پس از اعمال ۵۰ و ۷۵ گرم سوپرجاذب به دست آمد که نسبت به شاهد، دو برابر است. در اولین دوره نمونه‌برداری (۲۵ روز اول) هربان اثر بیشتری روی ارتفاع نهال‌ها نسبت به دوره‌های بعدی نمونه‌برداری داشت. در این شرایط به کارگیری ۲۵ گرم هربان در شرایط آبیاری پنج روزه سبب بیشترین ارتفاع در نهال‌ها شد اما در دوره‌های بعدی نمونه‌برداری این شرایط دوام نداشت. ارتفاع نهال‌ها پس از پایان نمونه‌برداری و در شرایط سخت

در جدول ۶ تجزیه واریانس اثر کود هربان بر میانگین مربعات قطر یقه، تعداد برگ و ارتفاع ساقه زیتون تلخ تحت تنش خشکی با لحاظ دوره نمونه‌برداری آورده شده است. دوره نمونه‌برداری و همچنین تنش خشکی هر سه عامل اندازه‌گیری شده را در سطح احتمال ۹۵ درصد تحت تاثیر قرار داد. سطوح استفاده شده هربان فقط بر قطر یقه بی‌اثر بود اما اثر متقابل هر سه منبع تغییرات فقط بر ارتفاع ساقه اثر معنی‌داری داشت. از آنجایی که برای هر دو تیمار هربان و سوپرجاذب فقط ارتفاع ساقه، پس از اعمال هر سه متغیر معنادار شد نتایج در یک جدول آورده شد

۱۵ روزه آبیاری، در هر سه سطح هربان استفاده شده شاهد شد. بیشتر از ارتفاع تیمار شاهد بود. استفاده از ۲۵ گرم سوپر جاذب سبب افزایش ارتفاع نهالها نسبت به

جدول ۶ - تجزیه واریانس اثر کود هربان بر میانگین مربعات قطر یقه، تعداد برگ و ارتفاع ساقه زیتون تلخ تحت تنش خشکی

Table 6. Analysis of variance the effect of Herban fertilizer on mean square diameter of basal, number of leaves and stem height of bitter olive under drought stress

میانگین مربعات Mean of square							منبع تغییرات Source of variation
کل Total	خطا Error	دوره نمونه برداری × سطوح تیمار × دوره آبیاری Irrigation period × treatment level	دوره آبیاری Irrigation period	سطح تیمار Treatment level	دوره نمونه برداری Sampling period		
216	144	30	2	3	5	درجه آزادی Degree of freedom	
	1.773	0.773 ^{ns}	43.355*	1.150 ^{ns}	118.920*	قطر یقه Collar diameter	
216	144	30	2	3	5	درجه آزادی Degree of freedom	
	5.363	4.203 ^{ns}	59.773*	44.884*	83.848*	تعداد برگ Number of leaves	
	55.733	126.370*	9863.810*	801.609*	27352.183*	ارتفاع ساقه stem length	

* و ns به ترتیب بیانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۵ درصد و عدم اختلاف است.

* and ns indicate a significant difference at the 95% probability level and no difference, respectively.

بیش بود آب داشته باشد. به طور کلی مشخص است کاربرد کود هربان و سوپر جاذب سبب افزایش زی توده تر و خشک شده است. تنش خشکی سبب کاهش زی توده تر خشک می شود اما کود و سوپر جاذب تا حدی توانسته اند آن را جبران کنند. در مشاهدات نمونه برداری دیده شد که طول ریشه فرعی تیمار سوپر جاذب سطح ۵۰ گرم دارای بیشترین تراکم ریشه موین بوده و به صورت توده ای کلاف مانند از ریشه های بسیار نازک به هم تنیده دیده شد. در این پژوهش، با توجه به حجم گلدان، چنین پدیده ای قابل

بحث

در این پژوهش، بیشترین مقدار زی توده تر مربوط به تیمار سوپر جاذب در زمان آبیاری پنج روزه و کمترین آن مربوط به اعمال تیمار شاهد سوپر جاذب و تیمار شاهد هربان بود. برای صفات زی توده تر و خشک بهترین عملکرد مربوط به تیمار سوپر جاذب سطح ۵۰ گرم با آبیاری پنج روزه بود که به دلیل فراهمی آب مورد نیاز گیاه برای رشد در حد معمول است، دلیل این امر که چرا سوپر جاذب سطح ۷۵ گرم عملکرد کمتری نسبت به سطح ۵۰ داشته می تواند پاسخ گیاه به شرایط

نمونه‌های مورد آزمایش در طرح حاضر، بهترین تیمار استفاده از سوپر جاذب در سطح ۲۵ گرم با دوره آبیاری پنج روزه و پس از آن کاربرد هربان در همین سطح و همین رژیم آبیاری بود که بازه عددی پتانسیل آبی برای برگ بین ۰/۹۸۸۵-۰/۶۳۰۶ بود که کمترین عدد نیز مربوط به هربان سطح ۲۵ با دوره آبیاری ۱۵ روزه بود. دلیل این امر که چرا سطح بالاتر، اثر کمتری در پتانسیل آبی داشت، می‌تواند به محدودیت برگ برای نگه‌داشت آب در واکوئل خود باشد. گیاهان تا حدی می‌توانند آب را در خود ذخیره کرده و تورژسانس برگ اگر زیاد شود کاهش رشد را به دنبال خواهد داشت. در کل مشاهده شد که عملکرد سوپر جاذب در مقایسه با هربان در بیشتر موارد بهتر بود. به‌عنوان مثال دوره ۱۰ روزه آبیاری بین سوپر جاذب ۷۵ گرم و هربان ۷۵ گرم به ترتیب ۰/۷۴۸۰-۰/۶۶۸۷ است که نشان‌دهنده عملکرد بهتر سوپر جاذب در مقایسه با هربان برای صفت پتانسیل آبی برگ است. اثر دوره آبیاری و سطوح مختلف استفاده از کود هربان و سوپر جاذب در سطح احتمال پنج درصد بر مقدار درصد محتوای نسبی آب برگ معنی‌دار بوده است. کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش خشکی، دارای همبستگی مثبت و بالایی با محتوای رطوبت خاک است. کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش مقدار تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل دخیل در کاهش محتوای آب نسبی برگ است. دوره آبیاری پنج روزه و استفاده از کود هربان به مقدار ۲۵ گرم توانسته‌اند کاهش سرعت از دست دادن آماس و تنظیم اسمزی، پلاسمولیز برگ‌ها را به تأخیر بیندازند که با نتایج (Rezai et al. (2017 هم‌خوانی دارد. افزایش محتوای آب گیاه ممکن است سبب بهبود رشد گیاه به خصوص شرایط کم‌آبی شود (Mehrabian

پیش‌بینی بود، در صورتی که سوپر جاذب در حجم محدود و به‌صورت مجتمع استفاده شود؛ موجب تمرکز ریشه‌دوانی در محل سوپر جاذب می‌شود اما در صورت استفاده از سوپر جاذب در عرصه، می‌توان سوپر جاذب را به گونه‌ای استفاده کرد که حدود ریشه‌دوانی درخت مدنظر قرار گیرد که نه تنها سبب محدودیت ریشه‌دوانی نشود بلکه سطح گسترش ریشه را افزایش دهد و در مقایسات آماری نیز بهترین عملکرد را دارا بود ولی کمترین مقدار برای تیمارهای هربان با آبیاری ۱۵ روزه سطوح ۵۰ و ۷۵ مشاهده شد که این تیمارها به دلیل تنش خشکی دارای ریشه‌های موین با تراکم خیلی کمتر نسبت به سوپر جاذب بودند ولی در عوض دارای ریشه‌های اصلی ق‌طورتری نسبت به سوپر جاذب بودند.

کود معدنی هربان از کوه‌های روستای ده‌ملا در استان سمنان استخراج می‌شود. این کود شامل ۶۰ عنصر (از قبیل عناصر مغذی ریز و درشت و نیز عناصر نادر و کمیاب است) و احتمالاً می‌تواند سبب اصلاح و احیاء خاک شود. جذب تدریجی، داشتن ظرفیت بالای یونی و حفظ رطوبت از مزایای این کود معدنی نسبت به انواع کودهای شیمیایی رایج است (سایت شرکت هربان، <http://herbban.com>). نویسندگان از این کود معدنی با فرض برتری نسبت به مواد شیمیایی استفاده کردند. (Mohammadi et al. (2021 اعلام کردند در شرایط تنش این کود موجب افزایش معنی‌دار رشد طولی نهال‌های زیتون تلخ شد. نتایج ما نشان داد ارتفاع نهال‌ها پس از پایان نمونه‌برداری و در شرایط سخت ۱۵ روزه آبیاری، در هر سه سطح کود هربان استفاده‌شده بیشتر از ارتفاع تیمار شاهد بود. پتانسیل آبی یا همان مقدار آب موجود در برگ بستگی به شرایط رطوبتی خاک و تنش خشکی دارد و برای

تیلاکوئید کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز مانند دلایل کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی گزارش شده است (Mortezavi et al., 2015). طبق بررسی‌ها، کاهش غلظت کلروفیل در شرایط خشکی می‌تواند به دلیل تأثیر تنش خشکی بر تجزیه کلروفیل‌ها و پراکسیداسیون آنها توسط گونه‌های فعال اکسیژن باشد (Bahavar et al., 2009) چرا که گونه‌های فعال اکسیژن سبب تخریب لیپیدها، پروتئین‌ها و رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌شوند. Gnaana (2011) and Paliwal (2011) کاهش مقدار کلروفیل در شرایط تنش خشکی را به کاهش پایداری غشاء کلروپلاست و شکسته شدن آن نسبت داده‌اند. در بیان علت برتری تیمار ترکیب کود هربان و دوره آبیاری می‌توان اظهار داشت تأمین مناسب، کافی و تدریجی نیتروژن هم از طریق استفاده از کود هربان سبب شد که گیاه، نیتروژن کافی برای تولید کلروفیل در اختیار داشته باشد که با نتایج (Amani et al. (2017); Rezai et al. (2017); Din et al. (2011) هم‌خوانی دارد. کاهش محتوای کلروفیل در هنگام مواجهه گیاه با تنش خشکی، تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن، پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل است (Ghorbanli et al., 2013). با توجه به نتایج این پژوهش، همین امر سبب کاهش مقدار کلروفیل در اثر افزایش دوره آبیاری شد. در بیان علت برتری تیمار ترکیب کود هربان ۵۰ و دوره آبیاری ۱۰ روزه می‌توان اظهار داشت تأمین مناسب، کافی و تدریجی نیتروژن و بقیه مواد از طریق استفاده از کود هربان سبب شد که گیاه، مواد کافی برای تولید کلروفیل در اختیار داشته باشد، که با نتایج (Rezai et al. (2017); Din et al. (2011); Amani et al. (2017) هم‌خوانی دارد. با افزایش غلظت کود و سوپرجاذب مصرفی غلظت عناصر در داخل برگ زیاد شده است.

(Moghadam et al., 2012) که در آزمایش انجام گرفته بیشترین مقدار برای تیمار هربان آبیاری پنج روزه سطح ۲۵ گرم و کمترین مقدار برای تیمار ۱۰ روزه شاهد بود این که چرا ۱۵ روزه مقدار کمتری نشده است؛ می‌تواند به مکانیسم گیاه برای مقابله با تنش باشد و مشاهده شد گیاه برای حفظ شادابی، تعدادی از برگ‌های خود را ازدست داده بود تا بتواند با تنش به وجود آمده مقابله کند. تنش خشکی سبب کوچک شدن برگ‌ها و کاهش تعداد پلاست‌های رنگی می‌شود که با طولانی‌تر شدن تنش، برگ‌ها زرد و تعداد برگ‌های موجود در بوته کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار سطح ویژه برگ مربوط به تیمار سوپر جاذب سطح ۵۰ گرم در دوره آبیاری ۱۵ روزه بدست آمد. در بیان علت برتری تیمار ترکیب دوره آبیاری ۱۵ روزه و سوپرجاذب سطح ۵۰ گرم می‌توان اظهار داشت، افزایش تنش خشکی (دوره آبیاری بلندمدت ۱۵ روزه) منجر به کاهش سطح برگ شد. این درحالی است که تأمین مناسب، کافی و تدریجی آب هم از طریق استفاده سوپر جاذب و تأمین مواد غذایی سبب شد که گیاه، آب و رطوبت، مواد غذایی کافی برای تقسیم سلولهای مریستمی در اختیار داشته باشد و موجب افزایش سطح برگ و به تناسب منجر به کاهش سطح ویژه برگ شده است.

تأثیر تنش آب بر کلروفیل بستگی به شرایط محیطی و ژنوتیپی گیاه دارد. کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی همراه با کاهش کارایی استفاده از کربن، افزایش تولید اتانول و لاکتات، تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل است (Setayeshmehr and Ganjali, 2013). کاهش کلروفیل به علت تجزیه کلروپلاست و ناپدید شدن ساختارهای تیلاکوئید است (Ghorbanli et al., 2013). تخریب غشاهای

است. به همین دلیل اختلاف معنی‌داری بین سوپرجاذب و هربان در سطح ۷۵ گرم و دوره آبیاری پنج روزه مشاهده نشد. دلیل بالا بودن مقدار پتاسیم در برگ گیاه بیشتر به دلیل ویژگی‌های خاکی منطقه است، خاک‌های استان گلستان دارای رس زیادی هستند و این رس‌ها که عموماً جز رس‌های خیلی ریز هستند که سرشار از پتاسیم می‌باشند، پتاسیم در شرایط معمول در بین لایه‌های رس و یا در سطوح آن وجود دارد که به مرور زمان و در طی واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی خارج شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در تمامی تیمارها برای فراهمی عناصر غذایی نهال‌های آبیاری شده به فاصله ۱۵ روز، دارای ضعیف‌ترین عملکرد بود. مقدار نیتروژن و پتاسیم اندازه‌گیری شده به دلیل ویژگی‌های سوپرجاذب، عملکرد بهتری نسبت به کود هربان داشت.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که استفاده از سوپرجاذب آب و کود معدنی هربان به دلیل فراهم کردن رطوبت و تقویت در منطقه اطراف ریشه شرایط بهتری را برای رشد به‌ویژه در شرایط کم‌آبی و تنش خشکی فراهم می‌کند. با اینکه ادامه پژوهش برای یک فصل رویشی دیگر می‌تواند نتایج مطمئن‌تری در ارائه پیشنهادها به دنبال داشته باشد ولی با توجه به اثرات مثبت سوپرجاذب و کود معدنی هربان در استقرار و تقویت نهال‌های زیتون تلخ می‌توان استفاده از این مواد را در پروژه‌های درختکاری با این گونه ارزشمند پیشنهاد کرد.

عناصر موجود در خاک تحت جریان‌های توده‌ای و پخشیدگی به سطح ریشه می‌رسند که این امر بستگی به عواملی چون شیب غلظت و مقدار آب موجود در خاک دارد. از این رو، کاربرد سوپرجاذب که همانند یک مخزن نگه‌داری آب در خاک عمل می‌کند؛ سبب تسهیل در حرکت عناصر به سطح ریشه و در نتیجه فراهمی بیشتر عناصر به سطح ریشه می‌شود. کود به-تنهایی نمی‌تواند سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه شود و در شرایط خشکی کود عملاً بلااستفاده می‌شود؛ به‌خصوص برای عناصری مانند فسفر که به سرعت در خاک تثبیت می‌شوند و از دسترس گیاه خارج می‌شوند. برای همین است که در به کار بردن کودهای فسفره سعی بر این است که کود فسفره را به‌صورت نواری در محل ریشه‌زایی استفاده کنند تا ریشه بتواند بیشینه استفاده را از فسفر ببرد. در آزمایش انجام‌گرفته نیز مشاهده شد که دوره آبیاری پنج روزه و سطح کودی به‌کار برده شده ۷۵ گرم برای فسفر با مقدار ۰/۳۳۱۷ درصد عملکرد بهتری نسبت به سوپرجاذب در همان شرایط با مقدار ۰/۳۰۴۷ درصد داشته است. اما برای نیتروژن و پتاسیم هر دو تیمار هربان با سطح ۷۵ گرم و دوره آبیاری پنج روزه و سوپرجاذب ۷۵ گرم و دوره آبیاری پنج روزه دارای بهترین عملکرد بوده‌اند که این خود به ویژگی‌های حرکتی و شیمیایی نیتروژن و پتاسیم بستگی دارد. نیتروژن به دو صورت NO_3^- و NH_4^+ در خاک وجود دارد که فرم NO_3^- جز مواد با قابلیت تحرک زیاد است و حرکت آن در خاک تحت تاثیر مقدار رطوبت خاک

References

Amani, N.; Sohrabi, Y.; Heidari, G.; Yield and some physiological characteristics in maize by application of bio and chemical fertilizers under drought levels. *Journal of agricultural science and sustainable production* **2017**, 27(2), 65-83 (In Persian).

Bahavar, N.; Ebadi, A.; Tobeh, A.; Jamati Somarin, SH.; Effects of nitrogen application on growth of irrigated chickpea (*Cicer arietinum L.*) under drought stress in hydroponics conditions. *Research Journal of Environmental Sciences* **2009**, 3(4), 448 – 455.

- Batoli, H.; Sefati-Qomi, J.; Ahmadi, T.; Comparison of the chemical compositions of the essential oil of reproductive organs of bitter olive tree (*Melia azedarach* L.) planted in Kashan Botanical Garden. *Journal of Iranian medicinal and aromatic plants* **2011**, 30, 4, 665-673 (In Persian).
- Dias, M.C.; Azevedo, C.; Costa, M.; Pinto, G.; Santos, C.; Meliaazedarach plants show tolerance properties to water shortage treatment: An ecophysiological study. *Plant Physiology and Biochemistry* **2014**, 75, 123-127.
- Din, J.; Khan, S.U.; Ali, I.; Gurmani, A.R.; Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. *The Journal of Animal & Plant Sciences* **2011**, 21, 78-82.
- El Alami, S. L.; El Aboudi, A.; Rkhaila, A.; El Antry, S.; Dallahi, Y.; Effect of superabsorbent polymers on the growth and survival of young cork oak plantations in Morocco. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences* **2023**, 23(3), 297-305.
- Eshaghi Rad, J.E.; Mousavi Mirkala, S.R.M.; Irrigation effects on diameter growth of 2-year-old Paulownia tomentosa saplings. *Journal of Forestry Research* **2015**, 26, 153-157.
- Jalili, K.; Jalili, J.; Sohrabi, H.; Effect of super absorbent polymer (Tarawat A200) and irrigation interval on growth of almond sapling. *Water and Soil Science* **2011**, 2, 2-16 (in Persian).
- Keshvarz, M.S.; Dabiri, D.; An analysis on the possibility of using water box in the establishment of plant for military and security places in desert areas. *Amad and Defense Technology* **2021**, 4, 33-56 (in Persian).
- Ghorbanli, M.; Gafarabad, M.; Amirkian, T.; Allahverdi, B.; Investigation of proline, total protein, chlorophyll, ascorbate and dehydroascorbate changes under drought stress in akria and mobil tomato cultivars. *Journal of Plant Physiology* **2013**, 3, 651-658.
- Gnaana, S.; Paliwal, K.; Drought induced changes in growth, leaf gas exchange and biomass production in Albizia lebeck and *Cassia siamea* seedlings. *Journal Environmental Biology* **2011**, 32, 173-178.
- Malik, S.; Chaudhary, K.; Malik, A.; Punia, H.; Sewhag, M.; Berkesia, N.; Nagora, M.; Kalia, S.; Malik, K.; Kumar, D.; Superabsorbent polymers as a soil amendment for increasing agriculture production with reducing water losses under water stress condition. *Polymers* **2023**, 15, 161.
- Mashayekhi, K.; Atashi, S.; *The analyzing methods in plant physiology (Surveys before and after Harvest)*, Sirang Words Press, Gorgan, **2014**, p 310.
- Mehrabian Moghadam, N.; Arvin, M.J.; Khajouinejad, G.R. Maqsoodi, K.; The effect of salicylic acid on the growth and yield of fodder and corn grain under drought stress in the field. *Seed and Plant Production* **2012**, 1, 41-55 (In Persian).
- Mohammadi, H.; Payamnoor, V.; Nazari, J.; Atashi, S.; Effect of salinity stress and Herban mineral fertilizer on the morphological traits of seedling of chinaberry tree (*Melia azedarach* L.). *Journal of Wood and Forest Science and Technology* **2021**, 28, 21-36 (In Persian).
- Mohebi Bijarpasi, M.; Rostami Shahraji, T.; Samizadeh Lahiji, H.; Effect of elevation gradient on morphological and physiological responses of *Fagus orientalis* Lipsky leaves in Guilan forests. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research* **2018**, 26(4), 577-590 (In Persian).
- Mortezavi, S. M.; Tavakoli, A.; Mohammadi, M. H.; Afsahi, K.; Effect of superabsorbent on physiological traits and yield of wheat Azar2 cultivar under dry farming condition. *Applied Field Crops Research* **2015**, 28, 118-125 (In Persian).
- Rahiminasab, A.; Tabandeh Saravi, A.; Effect of seed source on germination and morphology of seed and seedlings of *Quercus brantii* Lindl. *Forest Research and Development* **2017**, 3: 249-262 (In Persian).
- Rajanna, G.A., Manna, S., Singh, A. et al. Biopolymeric superabsorbent hydrogels enhance crop and water productivity of soybean-wheat system in Indo-Gangetic plains of India. *Scientific Reports* **2022**, 12, 11955.
- Rezai, Z.; Rafieolhossaini, M.; The physiological response of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) to manure and superabsorbent polymer under drought stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology* **2017**, 11, 547-564 (In Persian).
- Rostami, Q.; Moghadam, M.; The effect of azomite on the growth and some

- physiological and biochemical characteristics of basil under salinity stress conditions. *Journal of Plant Process and Function* **2018**, 29, 299-311.
- Sarvaš, M.; Pavlenda, P.; Takáčová, E., Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. *Journal of Forest Science* **2007**, 53 (5), 203-209.
- Satriani, A.; Catalano, M.; Scalcione, E.; The role of superabsorbent hydrogel in bean crop cultivation under deficit irrigation conditions: A case-study in Southern Italy. *Agricultural Water Management* **2018**, 195, 114-119.
- Setayeshmehr, Z.; Ganjali, A.; Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Horticultural Sciences* **2013**, 27(1), 27-35 (In Persian).
- Salahi Ardakani, A.; Heydari Alizadeh, B.; Preparation of a nematicidal formulation from *Melia azedarach* seed extract for controlling root knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Plant pests and diseases* **2015**, 2, 169-180.
- Sohrabi, F.; Kohanmoo, M.A.; Toxicity of neem and chinaberry extracts and additive effect of the essential oil *Salvia mirzayanii* on the date palm spider mite, *Oligonychus afrasiaticus* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomological Society of Iran* **2017**, 37, 43-54.
- Tabande Saravi, A.; Rashtian, A.; Naseh Dehbone, S.; Effect of Salinity on germination and some seedling characteristics from three provenances of *Amygdalus lycioides*. *Forest Research and Development* **2016**, 2, 97-110 (In Persian).
- Tabandeh Saravi, A.; Tabandeh Saravi, A.; Kiani, B.; Rashtian, A; Effect of fortification with pea and cowpea sprout extract on growth and germination of *Pinus eldarica* Medw. and *Cupressus sempervirens* L. var *horizontalis*. *Forest Research and Development* **2021**, 7, 63-76 (In Persian).
- Tomášková, I.; Resnerová, K.; Trombik, J.; Bláha, J.; Pastierovič, F.; Macků, J.; Potential of hydrogel treatment in forest regeneration: impact on growth and vitality of central European tree species. *Frontier Forest Global Change* **2023**, 6, 1251041.
- Tongo, A.; Mahdavi, A.; Saiad, E.; Effect of super absorbent polymer aquasorb on growth, establishment and some physiological characteristics of *Acacia victoriae* seedlings under drought stress. *Water and Soil* **2015**, 28(5), 951-963 (In Persian).
- Yazarloo, F.; Nourinia, A.A.; Khoshbakht, S.; The effect of biological fertilizers and vermicompost on the morphological characteristics of Iranian echium (*Echium amoenum*), *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* **2022**, 32, 115-127.

Evaluating the effect of Herban mineral fertilizer and superabsorbent on drought resistance of *Melia azedarach* saplings

Ali Maghsoudlou¹, Vahideh Payamnoor^{*2}, Erfan Mohammadzadeh³, Mohammad Esmailpour⁴ and Sadegh Atashi⁵

1- MSc. of Silviculture and Forest Ecology, Department of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, I. R. Iran. (maghsodlo.a54@yahoo.com)

2- Associate Professor, Department of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, I. R. Iran. (mnoori56@gmail.com)

3- PhD of Silviculture and Forest Ecology, Department of Forest Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, I. R. Iran. (ecology2020@yahoo.com)

4- Assistant Professor, Department of Forestry, Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Ahar, I. R. Iran. (m.esmaeilpour@tabrizu.ac.ir)

5- Master of Laboratory, Department of Horticulture, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, I. R. Iran. (sadegh.a.3@gmail.com)

Received: 23 October 2023

Accepted: 05 March 2024

Abstract

Background and objectives: Significant efforts are made during the early establishment and growth stages of seedlings to enhance their resistance to environmental stresses, thereby increasing the success of afforestation projects. One of the research goals is to extend irrigation periods and reduce associated costs. In recent years, afforestation projects have experienced considerable growth, driven by the importance of environmental, economic, and social factors, and cutting-edge technologies are utilized in this field. Various methods, such as the use of superabsorbent treatments and Herban mineral fertilizer, have been tested to mitigate the negative effects of drought stress. This study aims to evaluate the impact of superabsorbent treatments and Herban mineral fertilizer on the drought resistance of one-year-old bitter olive seedlings.

Methodology: One-year-old bitter olive seedlings were obtained from the Qareq Nursery in Golestan Province. A total of 1,000 seedlings were collected, and 360 seedlings with equal collar diameter, height, and root length were selected. The seedlings were planted in size seven pots (exact diameter: 23 cm and height: 21.5 cm) in mid-March. After applying the fertilizer and superabsorbent (0, 25, 50, and 75 grams), irrigation was carried out every five, ten, and fifteen days for 140 days. Subsequently, measurements were taken for various growth parameters including diameter growth, height growth, leaf count, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, leaf water potential, relative water content, leaf area, specific leaf area, leaf dry weight, length of the longest lateral root, fresh and dry biomass, and leaf nitrogen, phosphorus, and potassium. Data were compared using Duncan's test at one and five percent statistical levels.

Results: Results showed that the maximum leaf area, using 50 grams of superabsorbent with a five-day irrigation interval, was 63.127 square centimeters, while the minimum was 68.958 square centimeters with the same amount of superabsorbent but a fifteen-day irrigation interval. The interaction effect of treatment levels and drought stress on chlorophylls, carotenoids, leaf dry weight, and relative water content was significant. The highest water potential was observed with 25 grams of superabsorbent under five-day irrigation conditions, while the lowest was with the same amount under fifteen-day irrigation conditions. Seedlings irrigated every five days with 75 grams of superabsorbent had the highest nitrogen and potassium content, while 25 grams of superabsorbent under fifteen-day irrigation conditions resulted in the highest phosphorus content. The interaction of treatment levels and drought stress significantly affected nitrogen, phosphorus, potassium, chlorophylls, carotenoids, leaf dry weight, and relative water content, but had no effect on other measured traits. Drought stress significantly impacted all traits, while different levels of superabsorbent only had a significant effect

* Corresponding author

Tel: +989113735812

on the three measured elements, leaf area, specific leaf area, and leaf dry weight. The highest leaf dry weight and relative water content were observed with 50 and 25 grams of superabsorbent and five-day irrigation. Additionally, 50 grams of superabsorbent with ten-day irrigation produced the highest levels of chlorophylls and carotenoids. The highest nitrogen, phosphorus, and potassium were found with five-day irrigation and 75 grams of superabsorbent. Drought stress and different levels of superabsorbent did not affect seedling diameter but did affect height and leaf count. The greatest stem height was achieved under five-day irrigation with 50 and 75 grams of superabsorbent, twice that of the control height.

Conclusion: It can be generally stated that the use of superabsorbent and Herbam mineral fertilizer enhances moisture availability and strengthens the area around the root, thus providing better conditions for growth, especially under drought and water stress. Although further research over another growing season could provide more reliable recommendations, the positive effects of superabsorbent and Herbam mineral fertilizer on the establishment and strengthening of bitter olive seedlings suggest that these materials could be recommended for use in afforestation projects with this valuable species.

Keywords: Chlorophyll, Herbans fertilizer, Superabsorbent.

معرفی پارازیتوئیدهای پروانه گالزای صنوبر (*Paranthrene tabaniformis* (Rott.) (Lepidoptera: Sesiidae) در شهرستان ارومیه

سامان ملکی^۱ و یونس کریم پور^{۲*}

۱- کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (sam.maleki2017@hotmail.com)

۲- استاد، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران. (y.karimpour@urmia.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸

چکیده

مقدمه و هدف: صنوبرها از جمله درختان تندرشدی هستند که در جنگلکاری و تولیدات چوبی کشور اهمیت زیادی داشته و عنصر اصلی سامانه‌های بیشه‌زراعی محسوب می‌شوند. گونه‌ها و کلن‌های مختلف این درختان میزبان گونه‌های زیادی از حشرات آفت و عوامل بیماری‌زای گیاهی هستند که باعث ایجاد خسارت در روی آنها می‌شوند. پروانه گالزای صنوبر (*Paranthrene tabaniformis* (Rottemburg, 1775) (Lep: Sesiidae) یکی از مهم‌ترین آفات است که با تغذیه از نهال‌های روبه‌رشد این درختان، به‌ویژه در نهالستان‌ها، خسارت زیادی را به تولید این محصول با ارزش وارد می‌کند. پارازیتوئیدها از مهم‌ترین دشمنان طبیعی آفات مختلف هستند و به‌عنوان یکی از عناصر کلیدی و تأثیرگذار نقش مهمی در تنظیم جمعیت آفات مختلف دارند. آنها با جلوگیری از افزایش انبوهی جمعیت آفات مانع از خسارت و ضرر و زیان اقتصادی در زیست‌بوم‌های زراعی، جنگلی و مرتعی می‌شوند. شناسایی پارازیتوئیدهای پروانه گالزای صنوبر موضوع تحقیق و بررسی محققان مختلف به‌ویژه در کشورهای مجارستان و چین بوده است. آنها در تحقیقات خود چندین گونه از زنبورهای خانواده Braconidae و Ichneumonidae و دو گونه از مگس‌های خانواده Tachinidae را به‌عنوان پارازیتوئید این آفت جمع‌آوری، شناسایی و گزارش کرده‌اند. هدف از انجام این بررسی جمع‌آوری و شناسایی پارازیتوئیدهای پروانه گالزای صنوبر در زیست‌بوم‌های کشاورزی اطراف ارومیه است.

مواد روش‌ها: به‌منظور جمع‌آوری و شناسایی پارازیتوئیدهای پروانه گالزای صنوبر، گال‌های محتوی لاروهای زمستان‌گذران پروانه در اسفند ماه سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ از نهالستان‌ها و بیشه‌زارهای اطراف ارومیه جمع‌آوری و بعد از آغشته کردن آنها با پارافین مایع، در شرایط آزمایشگاهی در درون قفس‌های پرورش نگهداری شدند. قفس‌ها روزانه بازدید و با ظهور تدریجی حشرات کامل پروانه و پارازیتوئیدها از گال‌های درون قفس‌ها، پارازیتوئیدها جمع‌آوری و برای شناسایی آماده‌سازی شدند.

یافته‌ها: براساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که لاروهای پروانه گال‌زای صنوبر توسط زنبورهایی از خانواده‌های Braconidae و Ichneumonidae به شرح زیر در منطقه ارومیه پارازیت می‌شوند:

- *Bracon (Bracon) intercessor* var. *laetus* (Wesmael, 1838) (Hymenoptera: Braconidae)
- *Bracon (Bracon) intercessor* var. *fulvus* (Szépligeti, 1896) (Hymenoptera: Braconidae)
- *Iconella* sp. (Hym.: Braconidae)
- *Pristomerus vulnerator* (Panz.) (Hym.: Ichneumonidae)
- *Liotryphon* sp.1 (Hym., Ichneumonidae)

برای تمامی پارازیتوئیدهای شناسایی شده، پروانه گال‌زای صنوبر به‌عنوان میزبان جدید در ایران معرفی می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی: پارازیتوئیدها به‌عنوان عوامل فرادستی در شبکه‌های غذایی زیست‌بوم‌ها، با پارازیت کردن و از بین بردن حشرات آفت نقش موثری در تنظیم و کاهش جمعیت آفات دارند. در این بررسی چهار جنس، دو گونه و دو زیرگونه شناسایی شدند که پارازیتوئید پروانه گال‌زای صنوبر در منطقه ارومیه هستند.

واژه‌های کلیدی: پروانه گال‌زای صنوبر، پارازیتوئید، ارومیه.

گال می‌شود (Salehi et al., 2021). آفت فوق یک نسلی بوده و اهمیت اقتصادی آن در ایران متوسط ذکر شده است (Abai, 1983; Salehi et al., 2020).

نظر به اهمیت این آفت و نقش مهم دشمنان طبیعی آن در جلوگیری از افزایش جمعیت آفت، تاکنون تحقیقات نسبتاً خوبی در مورد شناسایی و زیست‌شناسی پارازیتوئیدهای آن در دنیا انجام شده است (Georgiev, 1995; Georgiev, 2001; Georgiev, 2000; Georgiev and Tsankov 1995; Georgiev and Delkov, 1997; Georgiev and Kolarov 1999; Georgiev and Samuelian, 1999; Žikić et al., 2013; Zhang et al., 2017).

در مورد پارازیتوئیدهای این آفت در ایران Salehi et al., (2020) زنبوری از جنس *Bracon* sp. از خانواده Braconidae را به‌عنوان پارازیتوئید مرحله لاروی و گونه دیگری از جنس *Telenomus* sp. از خانواده Scelionidae را به‌عنوان پارازیتوئید تخم این پروانه در استان گیلان معرفی کرده‌اند.

با توجه به اهمیت کاشت و پرورش صنوبر در اقتصاد منطقه ارومیه، Hajjarian and Hosseinzadeh (2016) نقش فعالیت‌های آموزشی و ترویجی بر عملکرد زارعین صنوبر در شهرستان ارومیه مورد بررسی قرار داده و تأثیر فاصله کاشت بر ویژگی‌های کمی و کیفی درختان صنوبر تبریزی (*Populus nigra* L.) نیز توسط Faal-Khah et al., (2017) در همین منطقه اندازه‌گیری شده است.

هدف از انجام این بررسی، جمع‌آوری و شناسایی پارازیتوئیدهای پروانه گالزای صنوبر در مناطق اطراف ارومیه است.

مواد روش‌ها

بررسی حاضر برای جمع‌آوری و شناسایی زنبورهای پارازیتوئید پروانه گالزای صنوبر در اطراف ارومیه طی سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۶ انجام گرفت. برای این منظور

صنوبرها شامل گونه‌هایی از جنس *Populus* L. هستند که به‌دلیل ویژگی‌های ممتازشان در تأمین چوب مورد نیاز صنایع از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند. این درختان به آسانی و از طریق قلمه زدن تکثیر شده و با رشد سریع خود در زمان کوتاهی به بهره‌برداری می‌رسند. سازگاری گونه‌ها و کلن‌های مختلف صنوبر با شرایط اقلیمی مختلف و وجود عرصه‌های وسیع و مناسب در کنار اراضی کشاورزی، حاشیه رودخانه و آبراهه‌ها امکان توسعه کشت این درختان را در قالب سامانه‌های بیشه‌زراعی فراهم کرده است (Shen et al., 2023).

صنوبرها در مراحل مختلف رشد خود، مورد حمله گونه‌های متنوعی از حشرات آفت و عوامل بیماری‌زای گیاهی قرار می‌گیرند که موجب خسارت شدید به این درختان می‌شوند (Wang et al., 2021). پروانه گالزای صنوبر، *Paranthrene tabaniformis* Rott. (Lepidoptera: Sesiidae) یکی از مهمترین آفات صنوبر در بسیاری از نواحی منطقه Palaearctic (Georgiev, 2000; Biselli et al., 2022) بوده و در سال ۱۳۴۰ توسط فرح‌بخش از ایران گزارش شده است (Salehi and Babolmorad, 1997). نهال‌ها و درختان جوان صنوبر در نهالستان‌ها و نواحی صنوبرکاری هدف عمده‌ی این آفت بوده و درختان رشد یافته صنوبر، کمتر به این آفت آلوده شده و خسارت می‌بینند. اختلال در رشد و نمو ساقه‌های آلوده به لاروهای این پروانه، منجر به بدشکلی شدید و ایجاد گال در آنها می‌شود (Georgiev, 1995).

تغذیه این آفت، با نفوذ قارچ‌ها و باکتری‌های پاتوژن و ساپروفیت از طریق سوراخ‌های لاروی همراه شده و در نتیجه سبب ضعف و کاهش مقاومت مکانیکی و در نهایت شکستن نهال بر اثر باد و طوفان از محل

در مجموع ۱۰۳ نمونه از پارازیتوئیدهای پروانه گالزای صنوبر از منطقه ارومیه جمع‌آوری شد. نمونه‌های فوق متعلق به یک راسته، دو خانواده، چهار جنس، سه گونه و دو وارسته بوده و دو نمونه از پارازیتوئیدها در سطح جنس و به شرح زیر شناسایی شدند:

۱- زنبود پارازیتوئید *Bracon intercessor* Nees, 1834 (Hymenoptera: Braconidae) تعداد ۷۸ نمونه (۴۷ ماده و ۳۱ نر) از زنبورهای این گونه از ساقه‌های آلوده به لاروهای پروانه گالزای صنوبر به‌دست آمد.

زنبورهای این گونه از نظر اندازه بدن و دیگر ویژگی‌های کمی مربوط به قسمت‌های مختلف بدن، نگاره‌های روی ترزیت‌ها و الگوهای رنگ‌آمیزی بسیار متنوع هستند. بررسی دقیق‌تر نمونه‌های حشرات کامل این گونه و تنوع زیاد آنها منجر به تفکیک چهار وارسته از این گونه، توسط متخصصین شناسایی زنبورهای جنس *Bracon Fabricius, 1805* شده است (Papp, 2012) که دو وارسته از آنها در بررسی حاضر به‌عنوان پارازیتوئید پروانه گالزای صنوبر جمع‌آوری و به شرح زیر شناسایی شدند:

الف) *Bracon (Bracon) intercessor var. laetus* (Wesmael, 1838) (شکل ۱)

نمونه‌های بررسی شده این زنبور شامل تعداد ۱۳ فرد ماده و ۹ فرد نر بودند که در بازه زمانی ۱۲ تا ۲۱ اردیبهشت سال ۱۳۹۵ و تعداد ۹ فرد ماده و ۶ فرد نر که در بازه زمانی ۱۵ تا ۲۷ اردیبهشت سال ۱۳۹۶ از ساقه‌های آلوده به لاروهای پروانه خارج شدند.

نهالستان‌ها و بیسه‌زارهای اطراف ارومیه شامل دشت نازلو و مناطق امامزاده، کهریز، اطراف جاده سنتو، دره شهدا و اطراف جاده دسترسی به دریاچه مارمیشو از اوایل اسفند ماه تا اواخر فروردین ماه مورد بازدید قرار گرفت و ساقه‌های آلوده و دارای گال صنوبر، جمع‌آوری و به آزمایشگاه (با میانگین دمای ۲۰ تا ۲۲ درجه سانتی-گراد) منتقل شدند. برای جلوگیری از تبخیر رطوبت ساقه‌ها و خشک نشدن آنها، با استفاده از روش پیشنهادی (Georgiev (2000) ساقه‌ها به پارافین آغشته شدند. ساقه‌ها از فاصله ۵ سانتی‌متری زیر گال و ۳۵ سانتی‌متری بالای گال با استفاده از قیچی باغبانی قطع و در جعبه‌های پرورش پلاستیکی به ابعاد طول ۵۰ سانتی‌متر، عرض ۳۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر منتقل و روی جعبه با پارچه توری پوشانده شد. جعبه‌های پرورش در فواصل زمانی یک تا دو روزه مورد بازدید قرار گرفته و پارازیتوئیدهای درون قفس جمع‌آوری و برای شناسایی، فرم‌دهی و آماده‌سازی شدند. برای شناسایی اولیه نمونه‌های زنبورهای پارازیتوئید از کلیدهای شناسایی ارائه شده توسط (Achterberg, 1993; Gulet and Huber, 1993) استفاده شد. شناسایی نهایی زنبورهای پارازیتوئید خانواده Braconidae توسط دکتر Jenő Papp از موزه تاریخ طبیعی مجارستان در بوداپست و زنبورهای پارازیتوئید خانواده Ichneumonidae توسط مرحوم پرفسور K. Horstmann استاد مهمان در موزه جانورشناسی شهر مونیخ آلمان انجام گرفت.

نتایج و بحث



شکل ۱- زنبور پارازیتوئید *Bracon (Bracon) intercessor var. laetus* (Wesmael, 1838) (اصلی)

Figure 1. Habitus of *Bracon (Bracon) intercessor var. laetus* (original)

Bracon (Bracon) intercessor var. fulvus (ب
(Szépliget, 1896) (شکل ۲)

نمونه‌های بررسی شده این زنبور شامل تعداد ۱۳ فرد ماده و ۸ فرد نر بودند که در بازه زمانی ۱۲ تا ۲۱ اردیبهشت سال ۱۳۹۵ و تعداد ۱۴ فرد ماده و ۶ فرد نر که در بازه زمانی ۱۵ تا ۲۷ اردیبهشت سال ۱۳۹۶ از ساقه‌های آلوده به لاروهای پروانه خارج شدند.

در زنبورهای این وارسته سر از نمای پشتی به علت داشتن پهنای بیشتر، عرضی (transverse) به نظر می‌رسد (عرض سر بیشتر از طول آن است) به طوری که پهنای سر $1/9$ تا $2/0$ برابر طول آن است. ساق پای عقبی تا اندازه‌ای ضخیم و طول آن $3/1$ تا $3/2$ برابر پهنای آن، رنگ بدن آجری مایل به زرد و دارای لکه‌های تیره روی *mesosternum* و *propodeum* و *coxae* پاهای دوم و سوم به رنگ آجری مایل به زرد بوده و *pterostigma* زرد است (Papp, 2012).



شکل ۲- زنبور پارازیتوئید *Bracon (Bracon) intercessor var. laetus* (Wesmael, 1838) (اصلی)

Figure 2. habitus of *Bracon (Bracon) intercessor var. laetus* (original)

Karimpour (2019) آن را به عنوان پارازیتوئید سرخرطومی بذرخوار خارخسک *Microlarinus* *lareynii* (Col., Culculionidae) از منطقه ارومیه گزارش کرده‌اند. از این‌رو، می‌توان نتیجه گرفت که سرخرطومی بذرخوار خارخسک و پروانه گالزای صنوبر میزبان‌های این زنبور در منطقه ارومیه هستند. تاکنون در هیچ یک از مقالات منتشر شده در مورد *Bracon (Bracon) intercessor* var. *fulvus* گزارش در مورد انتشار واریته فوق در ایران ارائه نشده است. از این‌رو، یافته حاضر اولین گزارش از انتشار این زنبور و همچنین از میزبان آن در ایران است. ویژگی‌های زیستی زنبورهای *B. intercessor* به‌عنوان مهم‌ترین پارازیتوئید پروانه گالزای صنوبر در بلغارستان طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۳ توسط Georgiev (2005) مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بررسی‌های ایشان نشان داده است که زنبور فوق، پارازیتوئید تجمعی و خارجی لاروهای این پروانه بوده و قادر به تولید دو نسل سالیانه در روی میزبان خود است. نسل اول یا نسل تابستانه آن با سنین اولیه و میانه لاروی میزبان (تا حداکثر سن سوم) مرتبط بوده و نسل دوم آن (زمستان‌گذران) در روی سنین لاروی چهارم و پنجم میزبان پرورش می‌یابد. میانگین تعداد انگل‌های رشد یافته روی هر فرد میزبان در نسل تابستانه ۴/۵ عدد و در نسل زمستان‌گذران ۱۲/۴ عدد است. حداکثر تعداد انگل یافت شده در روی یک میزبان ۲۵ عدد گزارش شده است که از روی یک لارو زمستان‌گذران به‌دست آمدند. این زنبور به‌صورت لارو کامل در روی میزبان خود زمستان‌گذرانی کرده و رشد لاروی آن در اوایل بهار کامل می‌شود. چرخه زیستی زنبور هماهنگی زیادی با رشد و نمو میزبان در فصل بهار ندارد اما حشرات کامل آن که در آزمایشگاه از محلول عسل و شکر تغذیه می‌کردند مدت زمان بیشتری زنده می‌ماندند، به‌طوری‌که نرها ۳۱ و ماده‌ها تا ۸۶ روز

در زنبورهای این واریته نیز پهنای سر نسبت به طول آن بیشتر است ولی برخلاف واریته *laetus*، پهنای سر ۱/۶ تا ۱/۷ برابر طول آن است و از این‌رو، سر از نمای پشتی کم‌تر عرضی (less transverse) دیده می‌شود. ضخامت ساق پای عقبی کمتر از ضخامت آن در واریته *laetus* بوده طول ساق ۳/۳ تا ۳/۵ برابر پهنای ساق است. رنگ بدن آجری مایل به زرد قرمز با لکه‌های مایل به تیره در روی سر، *mesosoma* و *metasoma* است. *Coxa* در پاهای دوم و سوم معمولاً مایل به تیره بوده و *pterostigma* قهوه‌ای است (Papp, 2012).

زنبور *B. intercessor* در کل منطقه Palearctic انتشار داشته و به‌عنوان پارازیتوئید سوسک و سرخرطومی‌های *Rhynchites bacchus* L. (*Attelabidae*)، *Microlarinus lypriformis* Woll.، *A. Anthonomus pomorum* L.، *M. lareynii* Jacq.، *Apion opeticum*، *A. sorbi* Germ.، *pedicularis* L.، *L. L. incanescens* Boh.، *Lixus junci* Boh.، Bach شناخته می‌شود. همچنین پروانه‌های *Parametriotes theae* (*Momphidae*)، *Augasma atraphaxidellum* Kuzn.، *Sparganothis pilleriana* Den. et Schiff.، Kuzn. خانواده Tortricidae و زنبورهای *Tetramesa hyalipennis* Walk و *T. rossica* R. K. از خانواده Eurytomidae را پارازیت می‌کند (Medvedev, 1995). زنبور *Bracon intercessor* Nees, 1830 از استان خراسان رضوی، ایلام، تهران، سمنان، هرمزگان و آذربایجان غربی (Samin et al., 2014) گزارش شده است. زیرگونه *B. intercessor* var. *laetus* نیز توسط Zargar et al. (2015) و Papp (2012) و Hedwig (1975) از ایران گزارش شده است.

هیچ‌کدام از پژوهشگران فوق میزبانی برای این زنبور در ایران گزارش نکرده‌اند اما Mohebi-Nia and

است. پهنای ترزیت دوم بیشتر از طول آن و به شدت واگرا در حاشیه جانبی و بسیار کوتاه تر از ترزیت سوم، هیپوپیتزیوم بزرگ، والوهای تخم‌ریز دراز، مودار و به سمت انتها به تدریج باریک می‌شوند (Mason, 1981). زنبورهای جنس *Iconella* Mason, 1981 انتشار جهانی داشته (Yu et al., 2005) و تاکنون ۹ گونه از آنها از ایران گزارش شده‌اند (Abdoli et al., 2022). در بررسی‌های انجام شده توسط (Mehrnejad 2010) شب‌پره پوست‌خوار میوه پسته *Arimania komaroffi* Ragonot (Lep.: Pyralidae) به‌عنوان میزبان برای *Iconella myeloenta* (Wilkinson) معرفی شده است. غیر از مورد فوق، میزبانی برای زنبورهای جنس *Iconella* در ایران گزارش نشده است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که پروانه گالزای صنوبر از میزبان‌های زنبورهای جنس *Iconella* در ایران است.

۳- زنبور پارازیتوئید *Pristomerus vulnerator* (Panzer, 1799) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (شکل ۳)

بعد از ظاهر شدن به زندگی خود ادامه دادند. این نتیجه نشان‌دهنده آن است که زنبورهای ماده که در فصل بهار ظاهر می‌شوند در صورت تأمین نکتارشان در طبیعت می‌باید تا ظاهر شدن لارو میزبان زنده بمانند. حشرات کامل نسل تابستانه از تیر تا شهریور ظاهر می‌شوند که مصادف با دسترسی آنها به مقدار کافی و مناسبی از میزبان است. این زنبور ۱/۵ درصد از لاروهای زمستان-گذران آفت را نابود می‌کند درحالی‌که نسل تابستانه آن بین ۳/۲ تا ۵/۸ درصد از لاروهای آفت را از بین می‌برد.

۲- زنبور پارازیتوئید *Iconella* sp.1 (Hymenoptera: Braconidae) تنها یک نمونه ماده از این زنبور در ۲۷ اردیبهشت ۱۳۹۵ از گال‌های درون قفس پرورش به‌دست آمد. اعضای این جنس به دلیل داشتن این ویژگی‌ها از دیگر جنس‌های زنبورهای خانواده Braconidae متمایز می‌شوند: کارینای طولی و میانی قوی در روی پروپودئوم، رگبال *cu-a* کشیده یا سینوسی در نزدیک به بخش عقبی بال-های عقب، ترزیت اول شکمی بدون فشردگی میانی بوده و در قسمت راسی، ملایم و یا شدیداً باریک شده



شکل ۳- زنبور پارازیتوئید *Pristomerus vulnerator* (ماده) (از نمای جانبی (اصلی)

Figure 3. Habitus of *Pristomerus vulnerator* (♀) (original)

زیرخانواده Cremastinae اولین بار توسط Rajabi (1986) به عنوان پارازیتوئید کرم سیب از ایران گزارش شده است. مجدداً Fathipour and Ranjbar Aghdam (2010) آن را به عنوان یکی از مهم ترین پارازیتوئیدهای کرم سیب در منطقه مراغه معرفی کردند. در ادامه Masnadi-Yazdinejad and Jussila (2009) بدون ذکر میزبان آن را از آذربایجان غربی گزارش کردند. *P. vulnerator* یک پارازیتوئید مرحله لاروی - پیش شفیره گی است. افراد ماده به طور معمول تخم خود را درون لارو میزبان قرار می دهند (Cross et al, 1999). در بررسی پارازیتوئیدهای پروانه گالزای صنوبر در مجارستان Georgiev (2000) مقدار پارازیتیسیم این زنبور را روی آفت فوق بیشتر از چهار درصد برآورد کرده است. براساس یافته این تحقیق، کرم سیب و پروانه گالزای صنوبر میزبان زنبور پارازیتوئید *P. vulnerator* در منطقه هستند.

۴- زنبور پارازیتوئید *Liotryphon* sp.1 (Hymenoptera: Ichneumonidae, Pimplinae) (شکل ۴)

نمونه های بررسی شده این زنبور شامل تعداد ۲ فرد ماده بود که در ۲۱ اردیبهشت سال ۱۳۹۵ از درون گال های آلوده به دست آمد. برخی از ویژگی های شکل - شناسی این گونه که از بررسی های نمونه های به دست آمده از تحقیق حاضر استخراج شده است به شرح زیر است:

مهمترین مشخصه زنبورهای جنس *Pristomerus* داشتن دندان در سطح شکمی ساق پای عقبی بوده و در روی ترزیت دوم متازوما *thyridium* وجود دارد. در قفس سینه *mesoscutum* و *scutellum* دارای سوراخ - های ریز متراکم و فضای بین آنها سفت شده است. در جنس های نر و ماده این زنبور، طول بدن بین ۸ تا ۱۰ سانتی متر، طول بال جلو ۴ میلی متر، بال بدون *ptero stigma*، *areolet* و شاخک ها قهوه ای روشن، شاخک ها ۳۳ بندی سر و قفس سینه کاملاً تیره رنگ، پاها به رنگ روشن، و ران پاهای عقبی در قاعده تیره - رنگ هستند.

تاکنون ۵ گونه از زنبورهای جنس *Pristomerus* از ایران گزارش شده است. زنبور *P. vulnerator* از



شکل ۴- زنبور پارازیتوئید *Liotryphon* sp.1 ماده از نمای پهلوئی (اصلی)

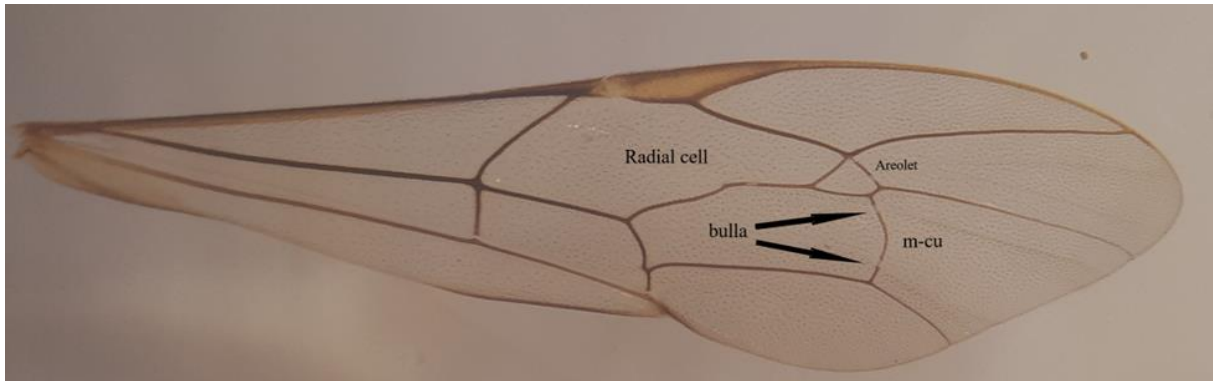
Figure 4. habitus of *Liotryphon* sp.1 (♀) (original)

است. طول تخم ریز ۲/۴۵ سانتی متر، طول بدن ۲/۱۱ سانتی متر، *Areolet* چهار گوشه، در *Areolet* رگ 2rs-m تا اندازه های طویل تر از رگ 3rs-m، استیگما قهوه ای روشن، طول بال جلو ۱/۴۲ سانتی متر، رگ m-cu در

تعداد یک نمونه حشره کامل ماده این زنبور در ۲۷ اردیبهشت ۱۳۹۵ از داخل گال ها به دست آمد. برخی از ویژگی های مورفولوژیک این گونه که از نمونه به دست آمده از تحقیق حاضر استخراج شده است به شرح زیر

و پوشیده از موهای سفیدرنگ ریز، چشم‌ها تیره رنگ، ساق پای عقبی دارای دو تا خار هم‌اندازه و بندهای شاخک‌ها تیره رنگ هستند.

بال جلویی اندکی خمیده و دارای دو تا bulla (شکل ۵)، شاخک‌ها، سر قفس سینه، شکم و غلاف تخم‌ریز، تیره رنگ، پاها تماماً به رنگ روشن، صورت تیره رنگ



شکل ۵- بال جلویی *Liotryphon* sp.1 (اصلی)

Figure 5. Forewing of *Liotryphon* sp.1 (original)

توسط زنبور *L. crassisetus* پارازیت شده بودند. همین زنبور همچنین به‌عنوان پارازیتوئید پروانه‌های زنبور مانند *Synanthedon flaviventris* (Staud.)، *S. myopaeformis scoliaeformis* (Borkh.) و *S. culiciformis* (L.) توسط Fitton et al. (1988) معرفی شده است.

در بررسی جامعی که توسط Zhang et al. (2017) در مورد پارازیتوئیدهای آفات ساقه‌خوار صنوبر در چین انجام شده است ۱۹ گونه از زنبورهای خانواده Ichneumonidae شناسایی شده‌اند که در میان آنها *Liotryphon crassiseteta* (Thomson, 1877) و *Liotryphon punctulatus* (Ratzeburg, 1848) نیز گزارش شده‌اند.

کنترل بیولوژیک آفات کشاورزی به‌وسیله دشمنان طبیعی آنها راه حلی موثر و کارآمد برای جلوگیری از شیوع آفات و خسارت آنها است. این روش کنترل، اثرات زیانبار زیست محیطی و بهداشتی آفت‌کش‌های شیمیایی را کاهش می‌دهد (Crowder and Jabbour,)

تاکنون دو گونه از زنبورهای جنس *Liotryphon* به نام‌های *Liotryphon caudatus* (Ashmead, 1900) و *Liotryphon punctulatus* (Ratzeburg, 1848) بدون ذکر میزبان از ایران (به ترتیب تهران و گیلان/تهران) گزارش شده‌اند (Masnadi and Jussila, 2008; Mohammadi et al., 2013).

در بررسی انجام شده توسط Georgiev (2000) در مورد پارازیتوئیدهای آفت فوق در بلغارستان، ۱۰ گونه پارازیتوئید از خانواده‌های Braconidae، Ichneumonidae و Tachinidae جمع‌آوری شده‌اند که زنبور پارازیتوئید *Apanteles evonymellae* (Bouché) با پارازیت کردن بیش از ۷۰ درصد از مجموع لارو و شفیره‌های پارازیت آفت، بیشترین تلفات را به جمعیت آفت وارد کرده بود. همچنین زنبور *Liotryphon crassisetus* (Thoms.) به‌عنوان پارازیتوئید خارجی لاروهای این پروانه معرفی شده است. در برآوردهای این محقق، کمتر از یک درصد لاروهای پارازیت آفت

رشد جمعیت آنها می‌شود (Vidal and Murphy, 2018).

پارازیتوئیدهای پروانه گالزای صنوبر به‌عنوان یکی از عوامل مهم فرادستی در تنظیم انبوهی جمعیت آفت فوق در منطقه ارومیه جمع‌آوری و شناسایی شدند. قطعاً پارازیتوئیدهای فوق نیز مانند دیگر دشمنان طبیعی آفات در جلوگیری از افزایش جمعیت و طغیان پروانه گالزای صنوبر نقش دارند. جستجو، جمع‌آوری و شناسایی پارازیتوئیدهای این آفت در مناطق دیگر استان قطعاً منجر به یافتن و شناسایی گونه‌های ناشناخته‌ای از پارازیتوئیدها این آفت خواهد شد. یافتن و شناسایی گونه‌های ناشناخته پارازیتوئیدها و همچنین بررسی کارایی گونه‌های فوق در مهار زیستی پروانه گالزای صنوبر توصیه می‌شود.

References

- Abai, M., List of pests of trees and shrubs of Iran's forest and shrubs. Publications of the Institute. **1983**, 147pp (In Persian).
- Abdoli, P.; Talebi, A.A.; Farahani, S., Additional review of the genus *Iconella* (Hymenoptera: Braconidae, Microgastrinae) from Iran with the description of a new species. *North-Western Journal of Zoology*, **2022**, 18(1), 9-16.
- Achterberg, C. van., Illustrated key to the subfamilies of the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). *Zoologische Verhandlungen*, **1993**, 283, 1-189.
- Biselli, C.; Vietto, L.; Rosso, L.; Cattivelli, L.; Nervo, G.; Fricano, A., Advanced breeding for biotic stress resistance in poplar. *Plants*, **2022**, 11(15), 20-32.
- Cross, J.V.; Solomon, M.G.; Babandreier, D.; Blommers, L.; Easterbrook, M.A.; Jay, C.N.; Jenser, G.; Jolly, R.L.; Kuhlmann, U.; Lilley, R.; Olivella, E., Biocontrol of pests of apples and pears in northern and central Europe: 2. Parasitoids. *Biocontrol Science and Technology*, **1999**, 9(3), 277-314.
- Crowder, D.; Jabbour, R., Relationships between biodiversity and biological control in agroecosystems: current status and future

challenges. *Biological Control*. **2014**, 75, 8–17.

Demestihis, C.; Plenet, D.; Genard, M.; Raynal, C.; Lescourret, F., Ecosystem services in orchards. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, **2017**, 37, 12-33. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0422-1>

Faal-Khah, I.; Ramazani Kakroudi, E.; Alijanpour, A., Banj Shafiei, A., The effect of spacing on quantitative and qualitative characteristics of black poplar (*Populus nigra* L.), *Forest Research and Development*, **2017**, 2(4):337-351.

Fathipour, Y.; Ranjbar Aghdam, H., First report of parasitoid wasps, *Ascogaster quadridentata* and *Bassus rufipes* (Hym.: Braconidae) on codling moth (Lep.: Tortricidae) larvae from Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, **2010**, (1)30, 55-58 (In Persian).

Fitton, M. G.; Shaw, M. R.; Gauld, I. D., *Pimplinae Ichneumon-flies. Hymenoptera Ichneumonidae (Pimplinae)*. Handbooks for the Identification of British Insects. **1988**; 7(1), 1–110.

Georgiev, G. The role of parasitoids in regulating the frequency of poplar clearwing moth, *Paranthrene tabaniformis*

- (Rottemburg 1775) (Lepidoptera: Sesiidae) in Bulgaria, in: "70 years forestry education in Bulgaria", **1995**, 3, 383-390. (in Bulgarian, English summary)
- Georgiev, G.; Tsankov, G. Some parasitoid insect species on the larvae of the poplar clearwing moth (*Paranthrene tabaniformis* Rott., Lepidoptera: Sesiidae) in Bulgaria, *Forest Science*. **1995**, 2, 51-58 (in Bulgarian, English summary).
- Georgiev, G.; Delkov, A., Phytophagous insects and their parasitoids on poplar trees in Sofia, *Acta Entomologica Bulgarica*. **1997**, 1(2), 61-65 [in Bulgarian, English summary].
- Georgiev, G.; Kolarov, J., New Ichneumonidae (Hymenoptera) parasitoids on forest insect pests in Bulgaria, *Anzeiger für Schädlingskunde*. **1999**, 72(3), 57-61.
- Georgiev, G.; Samuelian, S., Species composition, structure and impact of larval parasitoids of poplar twig borer, *Gypsonoma aceriana* (Dup.) (Lepidoptera, Tortricidae), on poplar ornamental trees in Sofia, *Anzeiger für Schädlingskunde*. **1999**, 72 (1), 1-4.
- Georgiev, G., Studies on larval parasitoids of *Paranthrene tabaniformis* (Rott.) (Lepidoptera: Sesiidae) on urban poplars (*Populus* spp.) in Sofia, Bulgaria. *Annals of Forest Science*, **2000**, 57(2), 181-186.
- Georgiev G., Notes on the biology and ecology of the parasitoids of the poplar clearwing moth, *Paranthrene tabaniformis* (Rott.) (Lepidoptera: Sesiidae) in Bulgaria, I. *Apanteles evonymellae* (Bouché 1834) (Hymenoptera, Braconidae). *Journal of Applied Entomology*. **2001**, 125(3), 141-145. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2001.00512.x>
- Georgiev, G., Bioecological characteristics of *Bracon intercessor* Nees (Hymenoptera: Braconidae) as a parasitoid of the poplar clearwing moth, *Paranthrene tabaniformis* (Rott.) (Lepidoptera: Sesiidae) in Bulgaria. *Journal of Pest Science*, **2005**, 78, 161-165.
- Godfray, H.C.J., Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology. **1994**, Princeton University Press.
- Gulet, H.; Huber, G. T., *Hymenoptera of the world: An identification key to the subfamilies*. Centre for Land and Biological Resources Research Branch, **1993**, Ottawa, Ontario, 668 pp.
- 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.
- Hedwig, K.V., Ichneumoniden und Braconiden aus den Iran 1954 (Hymenoptera). *Jahresheft des vereins für Vaterländische Naturkunde*, **1957**, 112(1), 103-117.
- Masnadi- Yazdinejad, A.; Jussila, R., Contribution to the knowledge of ichneumonid wasps of Iran. Subfamilies Ichneumoninae, Pimplinae and Diplazontinae (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Entomofauna*, **2008**, 29(22), 293-320.
- Masnadi-Yazdinejad, A.; Jussila, R., A contribution to ichneumonid wasps of Iran (Hym.: Ichneumonidae): Anomaloninae, Cremastinae, Ctenopelmatinae, Mesochorinae, Metopiinae and Orthopelmatinae). *Applied Entomology and Phytopathology*, **2009**, 76, 11-28
- Mason, W.R.M., The polyphyletic nature of *Apanteles* Foerster (Hymenoptera: Braconidae): A phylogeny and reclassification of Microgastrinae. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, **1981**, 115, 1-147. <https://doi.org/10.4039/entm113115fv>
- Mason, W.R.M.; Huber, J.T., Order hymenoptera. In: Gouled, H., Huber, J.T. (Eds.), *Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families*. **1993**, Ontario (Canada): Minister of Supply and Services.
- Medvedev, G.S., Keys to the insects of the European part of the USSR, Volume III: Hymenoptera, Part V. Keys to the insects of the European part of the USSR, **1995**, Volume III: Hymenoptera, Part V. 991p.
- Mehrnejad, M.R., The parasitoids of the pistachio fruit hull borer moth, *Arimania komaroffi*. *Journal of Applied Entomology and Phytopathology*, **2010**, 78(1), 129-130
- Mohebi-Nia, M.; Karimpour, Y., Biology of puncture vine seed feeding weevil, *Microlarinus lareynii* (Col., Curculionidae) as a biocontrol agent of puncture vine, *Tribulus terrestris* (Zygophyllaceae) in Urmia region. *Biological Control of Plant Pests and Diseases*, **2019**, 8(2), 13-25. [in Persian with English summery] <https://doi.org/10.22059/jbioc.2019.272233>. 252

- Papp, J., A revision of the Bracon Fabricius species in Wesmael's collection deposited in Brussels (Hymenoptera: Braconidae: Braconinae). *European Journal of Taxonomy*, **2012**, *21*, 1-154.
- Rajabi, G.R., *Insects attacking rosaceous fruit trees in Iran (Butterflies)*. Plant Pests and Diseases Research Institute, **1986**, 120pp. (In Persian).
- Salehi, M.; Ghods khah, M.; Amin Amlashi, M., Bioecological study of poplar clearwing moth, *Paranthrene tabaniformis* Rott. (Lep.: Sesiidae) and its control methods in Guilan Province. *Plant Pest Research*. **2020**, *10*(1), 87-91. <https://doi.org/10.22124/iprj.2020.4108>
- Salehi, M.; Ghods Khah Daryaei, M.; Amanzadeh, B.; Mousavi Koper, S.A., Antixenosis resistance of one-year-old poplar seedlings of different clones to poplar clearwing moth, *Paranthrene tabaniformis* Rott. (Lep.: Sessiidae). *Caspian Journal of Environmental Sciences*, **2021**, *19*(3), 415-422 (In Persian).
- Samir, N.; Ghahari, H.; Davidian, E., A study on the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea) from West Azarbaijan province, Northwestern Iran, *Linzer biologische Beiträge*, **2014**, *46* (2), 1447-1478
- Shen, L.; Ding, C.; Zhang, W.; Zhang, T.; Li, Z.; Zhang, J.; Chu, Y.; Su, X., The *Populus koreana* genome provides insights into the biosynthesis of plant aroma. *Industrial Crops and Products*, **2023**, *197*, 116-453.
- Vidal, M.; Murphy, S.M., Bottom-up vs. top-down effects on terrestrial insect herbivores: a meta-analysis. *Ecology Letters*. **2018**, *21*(1), 138-150.
- Wang, B.; Tian, C.; Liang, Y., Mixed effects of landscape structure, tree diversity and stand's relative position on insect and pathogen damage in riparian poplar forests. *Forest Ecology and Management*, **2021**, 479, p.118555.
- Yu, D.S.; Van Achterberg, K.; Horstmann, K., World Ichneumonoidea, Taxonomy, Biology, Morphology and Distribution. **2005**. (CD-ROM). Taxapad. 96 p.
- Zargar, M.; Talebi, A.A.; Hajiqanbar, H.; Papp, J., A study on the genus *Bracon Fabricius* (Hymenoptera: Braconidae) in north central Iran with four new records for Iranian fauna. *Entomofauna*, **2015**, *36* (32), 425-440
- Žikić, V.; Stanković, S.S.; Ilic, M.; Kavallieratos, N.G., Braconid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) on poplars and aspen (*Populus* spp.) in Serbia and Montenegro. *North-Western Journal of Zoology*, **2013**, *9*(2), 264-275
- Zhang, Y.; Cui, Z.-Q.; Li, T.; Sheng, M.-L.; Xiong, Z.-C., Ichneumonids parasitizing poplar branch borers in China (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Entomofauna*. **2017**, *38*(27), 537-548

Parasitoids of poplar clear-wing moth, *Paranthrene tabaniformis* (Rottemberg, 1775) (Lep., Sesiidae) in Urmia region

Saman Maleki¹ and Younes Karimpour^{*2}

1- Master of Science Student Forestry, Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (sam.maleki2017@hotmail.com)

2- Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, I. R. Iran. (y.karimpour@urmia.ac.ir)

Received: 05 December 2023

Accepted: 18 March 2024

Abstract

Background and objects: Poplars are the fast-growing trees that are very important in forestry and wood production of the country and are considered as the main element of agro-forestry systems. Different species and clones of these trees are host for many species of pests and plant pathogens that cause damage to them. The poplar clear-wing moth, *Paranthrene tabaniformis* (Rottemberg, 1775) (Lep.: Sesiidae) is one of the most important pests that feed on the growing seedlings of these trees, especially in nurseries, causing great damage to the production of this valuable product. Parasitoids are one of the most important natural enemies of various pests, and as one of the key and influential elements, they play an important role in regulating the population of various pests. By preventing the increase in pest populations, they prevent damage and economic losses in agricultural, forest and pasture ecosystems. Identifying the parasitoids of the poplar clear-wing moth has been the subject of research and investigation by various researchers, especially in Hungary and China. In their research, they have collected, identified and reported several species of parasitoids of the Braconidae and Ichneumonidae families and two species of flies of the Tachinidae family as parasitoids of this pest. The purpose of this study is to collect and identify the parasitoids of the spruce gall moth in the agricultural ecosystems around Urmia.

Methodology: In order to collect and identify the biocontrol agents of this pest, the galls containing the overwintering larvae of the moth were collected in March 2015 and 2016 from the nurseries and forests around Urmia. After collection, infested poplar cuttings were transported to the laboratory of the Plant Protection Department of Urmia University and covered with paraffin. Cuttings were kept under laboratory conditions. With the gradual emerging of adult moths and parasitoids from the galls inside the cages, the parasitoids were collected and prepared for identification.

Results: Based on the obtained results, it was determined that the larvae of the poplar clear-wing moth were parasitized by parasitoids as follows:

- *Bracon* (Bracon) *intercessor* var. *laetus* (Wesmael, 1838) (Hymenoptera: Braconidae)
- *Bracon* (Bracon) *intercessor* var. *fulvus* (Szépligeti, 1896) (Hymenoptera: Braconidae)
- *Iconella* sp. (Hym.: Braconidae)
- *Pristomerus vulnerator* (Panz.) (Hym.: Ichneumonidae)
- *Liotryphon* sp.1 (Hym., Ichneumonidae)

For all identified parasitoids, the poplar clear-wing moth is introduced as a new host in Iran.

Conclusion: Parasitoids play an effective role in regulating and reducing the pest population by parasitizing and destroying pest insects as top-down agents in the food webs of ecosystems. In this study, 4 genera, 2 species and 2 subspecies were identified, which are parasitoids of clear-wing moth in Urmia region. Photos of the above species and a brief description of the morphological characteristics of these species are provided.

Keywords: Urmia, poplar clear-wing moth, parasitoids.

* Corresponding author

Tel: +989144450160