

تأثیر آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Tortrix viridana* L.) و پارامترهای اقلیمی بر شاخص سطح برگ در زاگرس شمالی

الهه معروف‌زاده^۱، پدرام عطارد^{۲*}، مهدی پورهاشمی^۳ و توماس گرانت پایپکر^۴

۱- دانشجوی دکتری جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

۲- نویسنده مسئول، استاد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

پست الکترونیک: attarod@ut.ac.ir

۳- دانشیار، بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴- دانشیار، گروه علوم منابع طبیعی، دانشگاه تامسون ریورز، ایالت بریتیش کلمبیا، کانادا

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۲۴

چکیده

فعالیت پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Tortrix viridana* L.) منجر به تغییر الگوی فنولوژی درختان و تغییر مقدار شاخص سطح برگ در ناحیه رویشی زاگرس می‌شود. در پژوهش پیش‌رو، روند تغییرات شاخص سطح برگ در دو منطقه شاهد (بدون آفت) و آفت‌زده در جنگل‌های بلوط شهرستان سردشت استان آذربایجان غربی مطالعه شد. با استفاده از دوربین لنز چشم‌ماهی در ۱۵ نقطه از هر یک از دو منطقه، از فروردین تا آذر ۱۳۹۹، در ۳۲ نوبت عکس‌برداری و همبستگی شاخص سطح برگ با پارامترهای اقلیمی دما، نقصان فشار بخار، بارش، تبخیر و ساعات آفتابی بررسی شد. نتایج نشان داد، میانگین شاخص سطح برگ در منطقه شاهد، ۱/۵۱ و در منطقه آفت‌زده، ۰/۹۰ و این اختلاف در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود. بیشینه شاخص در منطقه آفت‌زده (۱/۳۲) در ۱۹ خرداد و در منطقه شاهد (۱/۸۱)، ۸ روز زودتر (در ۱۱ خرداد) رخ داد. شاخص سطح برگ در هر دو منطقه شاهد و آفت‌زده با کلیه پارامترهای اقلیمی (به‌جز بارش) همبستگی مثبت معنی‌دار نشان داد. پارامترهای اقلیمی، همبستگی بیشتری را با شاخص سطح برگ در منطقه شاهد در مقایسه با منطقه آفت‌زده داشتند (میانگین ۰/۶ در مقابل ۰/۴). دما در هر دو منطقه، دارای بیشترین همبستگی با شاخص سطح برگ بود (۰/۷ در منطقه شاهد و ۰/۵ در منطقه آفت‌زده). حساسیت شاخص سطح برگ به فعالیت آفت پروانه جوانه‌خوار بلوط و نیز اثرپذیری شاخص از پارامترهای اقلیمی، نشان داد که تغییرات اقلیمی می‌تواند آثار شگرفی بر فنولوژی درختان بلوط در این ناحیه رویشی داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: آذربایجان غربی، جنگل بلوط، دما، ضریب همبستگی.

مقدمه

جنگل‌های ناحیه رویشی زاگرس که پوشش درختی آن بیشتر بلوط است، با مساحتی حدود شش میلیون هکتار، ۴۰ درصد از مساحت جنگل‌های ایران را به خود اختصاص داده‌اند. در دهه‌های اخیر، این جنگل‌ها در معرض تهدیدات

متعددی قرار گرفته‌اند که از آن جمله می‌توان به تغییر کاربری اراضی، قطع درختان، چرای دام، آتش‌سوزی عمدی و غیرعمدی، تغییرات اقلیمی و تهاجم آفات و بیماری‌ها اشاره کرد (Sagheb Talebi et al., 2014). آفات، سالانه با تأثیر منفی بر محصولات غذایی و

حشرات و قارچ‌ها (Tabari, 2016). آفات مربوط به بلوط به‌عنوان حشرات برگ‌خوار و لانه‌کننده در پوست و مغز چوب هستند. شدت و تناوب از بین رفتن برگ درختان از طریق حشرات برگ‌خوار می‌تواند عامل مرگ‌ومیر بلوط یا تسهیل‌کننده حمله عوامل بیماری‌زا باشد. در میان آفت‌های درختان جنگلی، پروانه‌ها فراوان‌ترین و مضرترین حشرات برگ‌خوار هستند (Tiberi *et al.*, 2016). پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Tortrix viridana* L.) از جمله آفات مهم جنگل‌های بلوط در برخی از کشورهای اروپایی، شمال‌غرب آفریقا، همچنین ایران و عراق است (Schroder & Degen, 2008) (شکل ۱).

زیرساخت‌ها و کمک به شیوع بیماری، میلیاردها دلار زیان مالی در سطح جهانی به بار می‌آورند (Crimmins *et al.*, 2020). در این بین، زوال درختان بلوط طی چند دهه اخیر در نقاط مختلف جهان به‌ویژه ایران روند افزایشی به خود گرفته است (Hagh Doust *et al.*, 2017; Pourhashemi *et al.*, 2017; Denman *et al.*, 2018; Hernández - Lambrano *et al.*, 2019; Pinho *et al.*, 2020; Barsoum *et al.*, 2021). در پدیده زوال جنگل‌های بلوط، حشرات و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، بیشتر به‌عنوان عوامل مرگ‌ومیر، با این پدیده همراه هستند (Haavik *et al.*, 2015). این عوامل بیماری‌زا شامل دو گروه از ارگانیسم‌ها هستند:



Tortrix viridana L. Completed larvae
لارو کامل جوانه خوار بلوط



Tortrix viridana L. eggs Next to a bud
تخم پروانه جوانه خوار بلوط در کنار یک جوانه



Tortrix viridana L. Completed insect
حشره کامل جوانه خوار بلوط



Tortrix viridana L. pupa and pupa cocoon
شفیره و پیله شفیرگی جوانه خوار بلوط

شکل ۱- پروانه جوانه‌خوار بلوط (*Tortrix viridana* L.) و تغذیه از برگ درختان بلوط

Figure 1. *Tortrix viridana* L. and feeding the leaves of oak trees

بیشتر، فعالیت آفت نسبت به سایر مناطق چند روز زودتر شروع می‌شود. Cavaletto و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی فنولوژی ظهور و اثر دما بر رشد تخم حشرات راست‌بالان (Orthoptera) و شمشیرک‌داران (Tettigoniidae) در جنگل‌های شمال‌شرق ایتالیا، نشان دادند که در سال‌های گرم، تخم‌ریزی از اوایل بهار آغاز و مدت بیشتری نیز طول می‌کشد. این در حالی است که در سال‌های سردتر، تخم‌ریزی با تأخیر شروع شده و به چند روز محدود می‌شود. Pureswaran و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای در شرق کبک در شمال‌شرق کانادا نشان دادند که همزمانی فنولوژیک بین کرم جوانه‌خوار صنوبر شرقی (*Choristoneura fumiferana*) و درختان میزبان آن در جنگل، با افزایش دما افزایش می‌یابد، به طوری که در آب‌وهوای گرم‌تر، فعالیت برگ‌خواری آفت در اوایل فصل آغاز می‌شود که این موضوع موجب افزایش آسیب به میزبان اصلی می‌شود. نتایج مطالعات Jakoby و همکاران (۲۰۱۹) در جنگل‌های اروپا نیز حکایت از آن دارد که تغییرات آب‌وهوایی الگوهای فنولوژیک ارتفاعی سوسک پوست‌خوار (*Bark beetle*) صنوبر اروپا را تغییر می‌دهد، به طوری که با گرم‌تر شدن هوا، آسیب‌های این آفت در ارتفاعات پایین‌تر نیز افزایش خواهد یافت. Wu و همکاران (۲۰۲۰)، با بررسی تأثیر گرم شدن آب‌وهوا بر فنولوژی آفات شته، به این نتیجه رسیدند که فصل فعالیت و مهاجرت این آفات، همراه با گرم شدن آب‌وهوا طولانی شده است.

در مطالعات فنولوژیک، بیشتر تغییرات مربوط به شاخص سطح برگ، معیاری برای بررسی مراحل رشد پوشش جنگلی است، بنابراین با بررسی نوسان‌های این شاخص، می‌توان دوره یا تاریخ حداکثر فعالیت این آفت را که منجر به کاهش شدید می‌شود، تعیین کرد. در واقع سؤال اصلی پژوهش پیش‌رو این است که آیا روند تغییرات شاخص سطح برگ در منطقه شاهد و آلوده به پروانه جوانه‌خوار بلوط در جنگل‌های بلوط استان آذربایجان غربی متفاوت است؟ و پارامترهای اقلیمی چه تأثیری در روند این تغییرات دارند؟

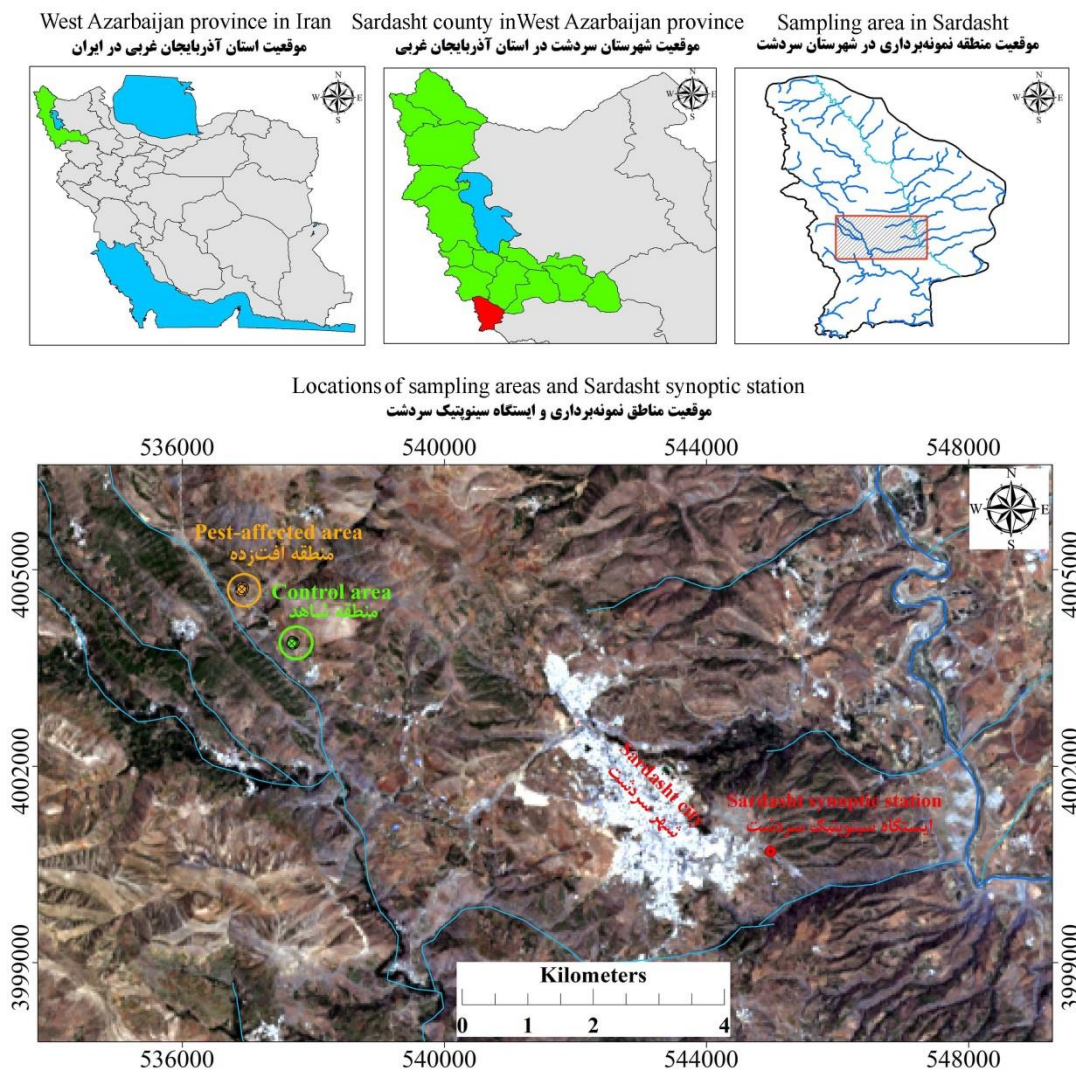
میزبان این آفت در جنگل‌های ایران، دارمازو (*Quercus infectoria*) و بلوط ایرانی / برودار (*Q. brantii*) است (Gieger & Thomas, 2005). علاوه بر این، پروانه جوانه‌خوار بلوط از دیگر گونه‌های گیاهی مانند افرا (*Acer* spp.) و صنوبر (*Populus* spp.) نیز تغذیه می‌کند (Ciesla *et al.*, 2004). شدت تغذیه و خسارت زیاد در سنین چهارم و پنجم لاروی ظاهر شده، به طوری که در ماه‌های اردیبهشت و خرداد، در بعضی از موارد درختان را به کلی عاری از برگ می‌کند (Baltensweiler *et al.*, 2008). بنابراین، فعالیت این آفت در فصل رویش، می‌تواند منجر به تغییر الگوی سالانه مقدار شاخص سطح برگ (LAI: Leaf Area Index) شود. تغییر در الگوی شاخص سطح برگ نیز ممکن است عواقب اکولوژیک مهمی از جمله تغییر در طول فصل رشد و میزان جذب خالص و نیز تغییر قابلیت الگوهای خزان داشته باشد (Foster *et al.*, 2013). بررسی روند تغییرات شاخص سطح برگ ارگانسیم هدف، تعیین زمان اقدامات کنترلی آفات را تسهیل می‌کند که این موضوع به کاهش استفاده از مواد شیمیایی، صرفه‌جویی در وقت و هزینه و بهینه‌سازی اثربخشی اقدامات مدیریت آفات منجر می‌شود (Crimmins *et al.*, 2020). از سوی دیگر، با توجه به اینکه رشد و نمو، بقا، تولیدمثل و مهاجرت حشرات به دمای محیط وابسته است، بنابراین گرمایش جهانی و تغییر اقلیم بر فعالیت‌های حشرات تأثیرگذار است (Wu *et al.*, 2020).

مطالعات متعددی در اقصی نقاط جهان در مورد فعالیت آفات و تأثیر عوامل اقلیمی بر فعالیت آنها انجام شده است، به طوری که Zargaran و همکاران (۲۰۱۷)، با نصب ۱۰ تله فرمونی مثلثی و بررسی تغییرات جمعیتی جوانه‌خوار بلوط در جنگل‌های سردشت و پیرانشهر در جنوب غربی آذربایجان غربی، نشان دادند که دوره لاروی این آفت از دهه اول فروردین شروع و اواخر اردیبهشت پایان می‌یابد. یافته‌های این پژوهشگران حکایت از آن دارد که اولین شب‌پره‌های این آفت در دوم خرداد به دام افتادند و شروع فعالیت این آفت، در ارتباط با شرایط اقلیمی است، به طوری که در منطقه میرآباد به سبب دما و رطوبت نسبی

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شهرستان سردشت انجام شد. این شهرستان با مساحت حدود ۱۳۷۸ کیلومترمربع و ارتفاع متوسط ۱۵۱۷ متر از سطح دریا، در جنوب غربی استان آذربایجان غربی واقع شده است و از شمال به شهرستان پیرانشهر، از شمال غربی به مهاباد، از شرق به بوکان، از

جنوب به استان کردستان و کشور عراق و از غرب به کشور عراق منتهی می‌شود (شکل ۲). پوشش جنگلی، یکی از کاربری‌های اراضی این شهرستان است که حدود ۳۵ کیلومترمربع از وسعت شهرستان را دربر گرفته است (Maroufzade *et al.*, 2021).



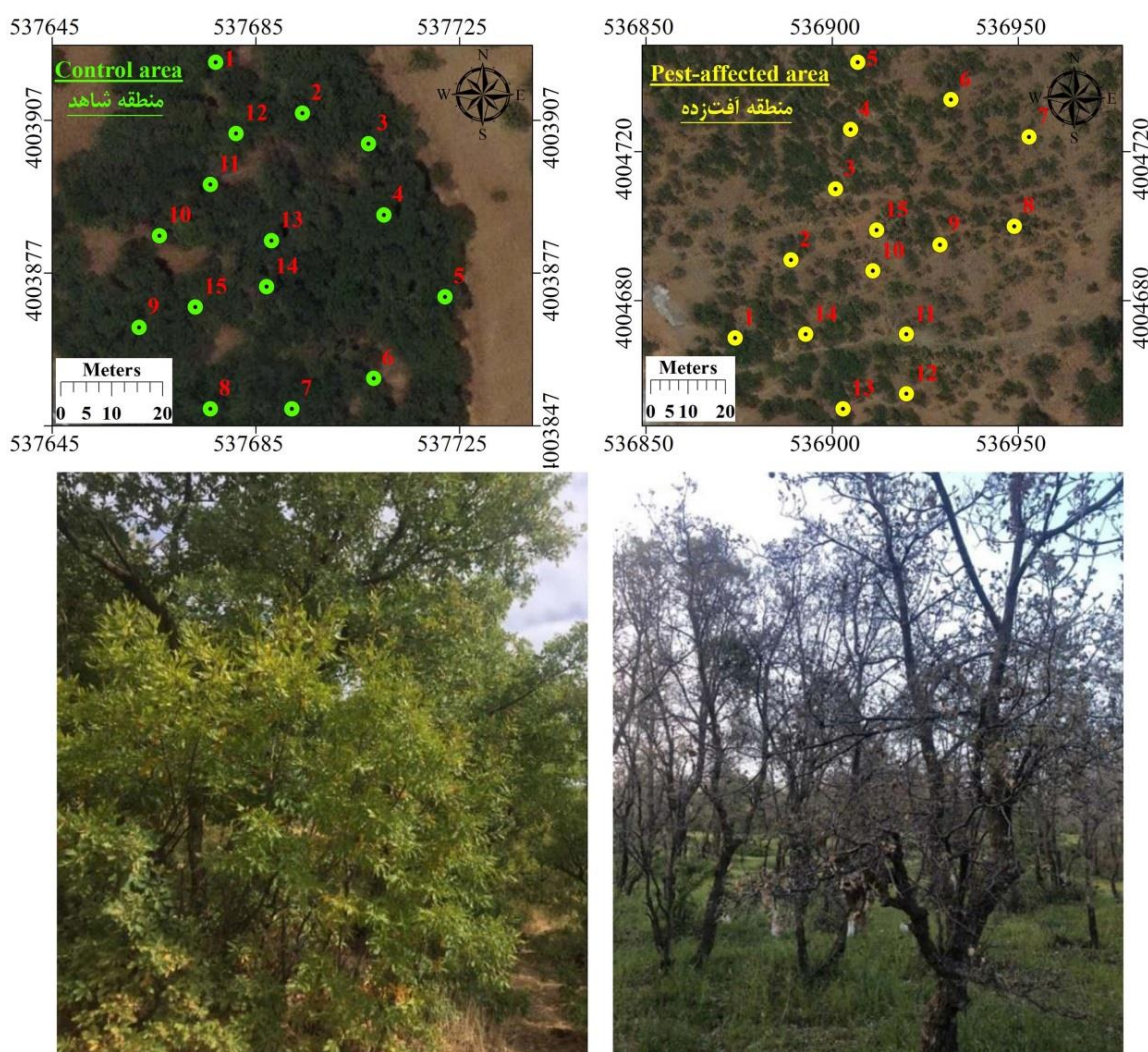
شکل ۲- موقعیت مناطق شاهد و آفت‌زده در شهرستان سردشت، استان آذربایجان غربی

Figure 2. The locations of control and pest-affected areas in Sardasht county, west Azarbaijan province

(Biabani *et al.*, 2016).

در پژوهش پیش‌رو، پارامترهای اقلیمی دما، بارش، سرعت باد و تابش خورشیدی ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهرستان سردشت (طول جغرافیایی ۳۶ درجه و ۹ دقیقه و ۸ ثانیه و ارتفاع ۱۵۵۷ متر از سطح دریا) استفاده شدند. این ایستگاه به ترتیب از منطقه شاهد و آفت‌زده، در حدود ۸ و ۹ کیلومتر فاصله دارد (شکل ۲).

بیشتر درختان این منطقه را گونه‌های دارمازو (*Q. infectoria*)، ویول (*Q. libani*) و برودار (*Q. brantii*) تشکیل می‌دهند که به همراه آنها درختان زالزالک (*Crataegus spp.*)، بنه (*Pistacia atlantica* Desf.) و گلابی وحشی (*Pyrus communis* L.) نیز دیده می‌شوند (Eshaghi-Rad *et al.*, 2016). اقلیم منطقه براساس منحنی آمبرژه در محدوده اقلیم سرد و خشک قرار گرفته و براساس منحنی آمبروترمیک، چهار ماه از سال خشک است



شکل ۳- توده‌های شاهد (چپ) و آفت‌زده (راست) بلوط

Figure 3. Control (left) and pest-affected (right) stands of oak

روش پژوهش

انتخاب مناطق شاهد و آفت‌زده و نقاط تصویربرداری با هدف بررسی تغییرات شاخص سطح برگ طی دوره رویش و تأثیر فعالیت آفت پروانه جوانه‌خوار و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی، دو منطقه شاهد و آفت‌زده در اطراف قبرستان روستای کوربناو و دشت ویشک‌شیو در عباس‌آباد با توجه به شرایط اقلیمی و فیزیوگرافیک و نیز اطلاعات کارشناسان محلی و بازدید میدانی انتخاب شدند (شکل ۳). فاصله مناطق شاهد و آفت‌زده (منطقه آفت‌زده در شمال‌غربی منطقه شاهد قرار گرفته است)، در حدود ۱۰۰۰ متر و ارتفاع از سطح دریا و شیب دامنه در منطقه شاهد، به ترتیب ۱۶۰۷ متر و ۱۲ درصد و در منطقه آفت‌زده، ۱۶۱۸ متر و ۱۱ درصد است. جهت دامنه نیز در هر دو منطقه شاهد و آفت‌زده، رو به جنوب است (شکل ۳). با توجه به فاصله کم فیزیوگرافی و توپوگرافی مشابه در مناطق شاهد و آفت‌زده، پوشش درختان هر دو منطقه از شرایط اقلیمی و زمینی مشابهی برخوردار بود. منطقه شاهد، توده کوچک درختان جنگلی جداافتاده از منطقه جنگلی آفت‌زده بود که احتمالاً به دلیل همین ناپیوستگی، از هجوم آفت یادشده در امان مانده است. پس از انتخاب مناطق شاهد و آفت‌زده، جهت محاسبه شاخص سطح برگ در هر یک از این دو منطقه، ۱۵ نقطه تصویربرداری به‌طور تصادفی انتخاب گردید و سپس، از این نقاط ثابت، در طول دوره تغییرات شاخص سطح برگ درختان تصویربرداری شد.

اندازه‌گیری شاخص سطح برگ

برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، از دوربین لنز چشم ماهی استفاده شد (Canon EOS 6D with a 180° fish-eye lens: Canon EF 8-15 mm f/4L). شاخص سطح برگ توده‌های جنگلی در منطقه شاهد و آفت‌زده به مدت هشت ماه، از ۳۱ فروردین تا ۵ آذر ۱۳۹۹ خورشیدی، توسط دوربین چشم ماهی به روش نیمه‌کروی عکس‌برداری شد. عدسی چشم ماهی، یک تصویر دایره‌ای با زاویه‌ای ۱۸۰ درجه تولید می‌کند که آسمان در مرکز و

افق در حاشیه نشان داده می‌شود. برای اندازه‌گیری، دوربین لنز چشم ماهی روی سه‌پایه‌ای که دارای تراز بوده مستقر شده و در هر عکس‌برداری، از افقی بودن محل استقرار دوربین اطمینان حاصل شد (Deljouei et al., 2016). سیستم استاندارد دوربین چشم ماهی شامل یک دوربین دیجیتال یا فیلمی، یک لنز کالیبره‌شده چشم ماهی برای افزوده شدن به دوربین استاندارد و یک سیستم خودتسطیح (برابرسازی) است. تصاویر نیمکره‌ای حاصل به‌صورت خارجی و با استفاده از نرم‌افزارهای مخصوص، همچنین براساس حلقه‌های مشخص‌کننده نور برای تعیین درصد تابش، پردازش می‌شوند. درنهایت، تصاویر گرفته شده با نرم‌افزار GLA پردازش شده و شاخص سطح برگ محاسبه شد (Olivas et al., 2013).

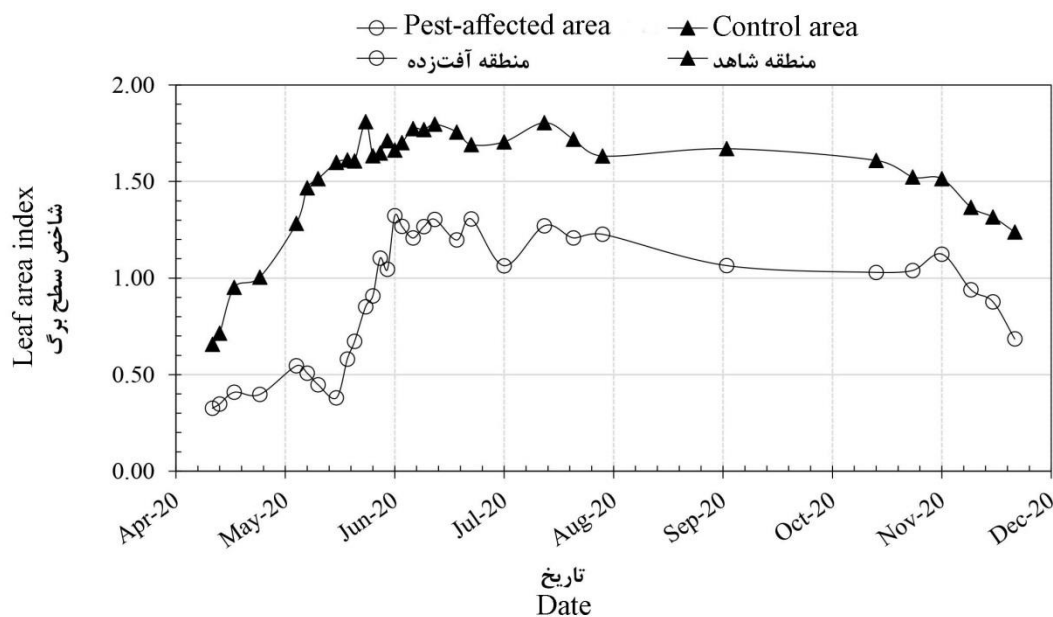
فاصله زمانی بین عکس‌برداری‌ها، با توجه به روند تغییرات شاخص سطح برگ درختان جنگلی، همچنین زمان فعالیت پروانه جوانه‌خوار متفاوت بود، به‌طوری‌که در آغاز فصل رویش، همزمان با فعالیت پروانه جوانه‌خوار و تغییرات سریع‌تر شاخص سطح برگ، سه روز یکبار، در اواسط دوره رویش، حدود ۱۵ روز یکبار و در پایان فصل رویش و آرامش بیشتر آفت یادشده و شتاب کمتر تغییرات شاخص سطح برگ، فاصله زمانی عکس‌برداری‌ها شش روز در نظر گرفته شد. برای تحلیل‌های آماری از برنامه‌های SPSS 21 و Excel استفاده شد. نرمال بودن توزیع شاخص سطح برگ در منطقه آفت‌زده و شاهد، با کاربرد آزمون کلموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. از آزمون لون برای بررسی همگنی واریانس‌ها و از آزمون t مستقل برای بررسی تفاوت بین میانگین شاخص سطح برگ در منطقه آفت‌زده و شاهد استفاده شد. در پایان، روند تغییرات شاخص سطح برگ با روند تغییرات داده‌های پارامترهای اقلیمی دما، نقصان فشار بخار (VPD: Vapor Pressure Deficit)، تبخیر، ساعات آفتابی و بارش ایستگاه سینوپتیک سردشت مقایسه و تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج

روند تغییرات شاخص سطح برگ در مناطق شاهد و آفت‌زده

در طول دوره اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، ۳۲ بار در ۱۵ نقطه از هر یک از دو منطقه شاهد و آفت‌زده اقدام به عکس‌برداری شد، بدین ترتیب در هر یک از این دو منطقه، ۴۳۵ عکس تهیه گردید. سپس مقادیر متوسط آن طی هر نوبت برداشت، محاسبه و روند تغییرات این شاخص طی یک دوره رویش (از ۳۱ فروردین‌ماه تا پنجم آذرماه) بررسی شد (شکل ۴). بیشینه شاخص سطح برگ در منطقه شاهد (۱/۸۱) در تاریخ ۱۱ خرداد (۸ ژوئن) اندازه‌گیری شد، درحالی‌که مقدار بیشینه در منطقه آفت‌زده (۱/۳۲)، با تأخیر زمانی ۸ روزه در تاریخ ۱۹ خرداد (۳۱ مه) رخ داد و روند کاهشی آن

نیز بسیار زودتر شروع شد (۱۵ مردادماه) (شکل ۴). به‌علاوه در منطقه آفت‌زده، در پایان فصل رویش (۱۵ آبان‌ماه)، افزایش جزئی در شاخص سطح برگ دیده شد. در نقطه مقابل، روند کاهشی شاخص سطح برگ در منطقه شاهد با بیش از یک ماه تأخیر زمانی نسبت به منطقه آفت‌زده، از ۱۷ شهریور شروع و بدون تغییر تا پایان دوره رویش ادامه یافت (شکل ۴). به‌طورکلی، تعداد نوسان‌های شاخص سطح برگ در منطقه آفت‌زده بیش از منطقه شاهد بود. نتایج نشان داد در منطقه شاهد، در ابتدای دوره رویش تا نقطه حداکثر شاخص، کاهش قابل توجهی مشاهده نشد، درحالی‌که در منطقه آفت‌زده، پس از شروع روند افزایشی شاخص سطح برگ، مقدار این شاخص از ۲۶ اردیبهشت تا ۳ خرداد کاهش جزئی را نشان داد (شکل ۴).



شکل ۴- روند تغییرات روزانه شاخص سطح برگ در مناطق شاهد و آفت‌زده در سال ۱۳۹۹

(مثلث‌های توپر و دایره‌های توخالی، زمان‌های اندازه‌گیری را نشان می‌دهند)

Figure 4. The trends of daily changes of the leaf area index (LAI) in control and pest-affected areas in 2019. Filled triangles and open circles indicate measurement times

لون، واریانس شاخص سطح برگ در مناطق شاهد و آفت‌زده یکسان بوده و آزمون t نیز نشان داد، میانگین شاخص سطح برگ در هر دو منطقه در سطح اطمینان ۹۹ درصد، دارای

نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف حکایت از نرمال بودن توزیع شاخص سطح برگ در دو منطقه شاهد و آفت‌زده در سطح اطمینان ۹۵ درصد داشت (جدول ۱). براساس آزمون

تفاوت معنی دار بود. میانگین شاخص سطح برگ در منطقه شاهد، ۰/۶۱ بیشتر از منطقه آفت زده بود (جدول ۲).

جدول ۱- نتایج آزمون نرمال بودن کلموگروف-اسمیرنوف شاخص سطح برگ در مناطق آفت زده و شاهد

Table 1. The results of the Kolmogorov-Smirnov normality test for the leaf area index (LAI) in the pest-affected and control areas

منطقه	میانگین	بیشینه	کمینه	انحراف استاندارد	آماره کلموگروف-اسمیرنوف	معنی داری Sig.
Region	Average	Maximum	Minimum	Standard deviation	Kolmogorov-Smirnov statistics	
شاهد Control	1.51	1.32	0.33	0.306	1.333	0.057
آفت زده Pest-affected	0.90	1.81	0.66	0.340	0.993	0.278

جدول ۲- نتایج آزمون های لون و t-test مستقل برای مقایسه شاخص سطح برگ در مناطق آفت زده و شاهد

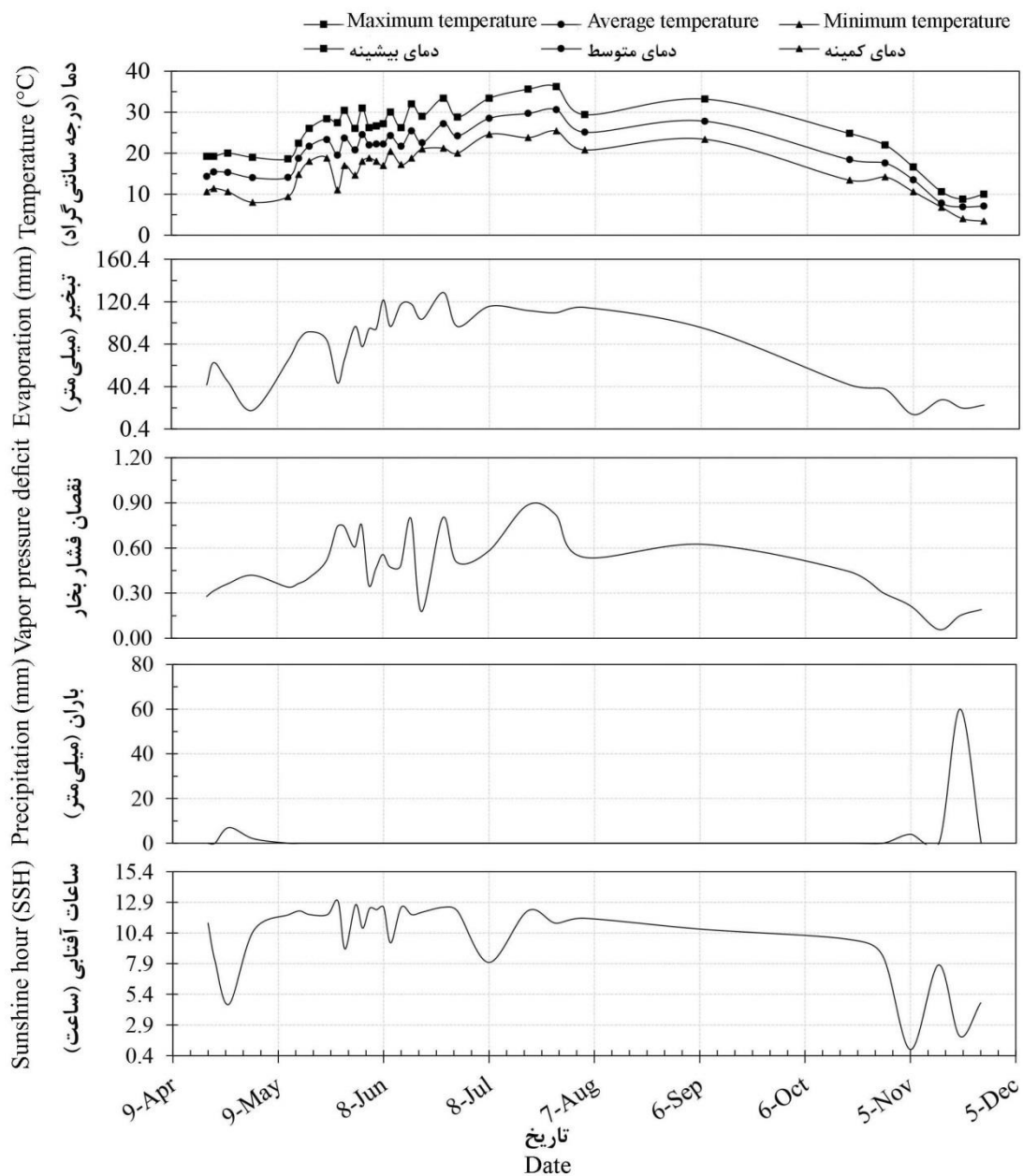
Table 2. The results of Lon's and independent t-tests to compare the leaf area index (LAI) in the pest-affected and control areas

تفاوت در سطح اطمینان ۹۵ درصد		تفاوت انحراف		تفاوت		معنی داری		معنی داری	
95% Confidence Interval of the Difference		معیارها	میانگین ها	معنی داری	درجه آزادی	t	معنی داری	F	
سطح بالا	سطح پایین	Std. Error of Difference	Mean Difference	Sig.	df		Sig.		
Upper	Lower								
-0.448	-0.771	0.808	0.610	0.000	62	-7.544	0.142	2.217	

روند پارامترهای اقلیمی

در میان پارامترهای اقلیمی، تغییرات دمای کمینه، متوسط و بیشینه با تغییرات شاخص سطح برگ در ابتدای فصل رشد درختان تطابق کمتری نشان داد، درحالی که بیشترین انطباق آن در میانه فصل رشد، یعنی اواسط خرداد تا اواسط تیر مشاهده شد که طی آن، همزمان با افزایش دمای کمینه و بیشینه در موج دوم روند افزایشی دما، مقادیر شاخص سطح برگ در هر دو منطقه شاهد و آفت زده با روند

افزایشی دوم مواجه شدند (شکل های ۴ و ۵). از نیمه مرداد تا نیمه شهریور، با موج سوم افزایش دما، تغییر محسوسی در منطقه شاهد مشاهده نشد، درحالی که منطقه آفت زده با روند کاهشی مواجه بود (شکل های ۴ و ۵). در پایان فصل رویش نیز، وقوع رخداد بارش در مقدار شاخص سطح برگ منطقه شاهد تأثیرگذار نبود، اما در منطقه آفت زده، همزمان با وقوع بارش، افزایش کمی نشان داد (حدود ۰/۱۷).



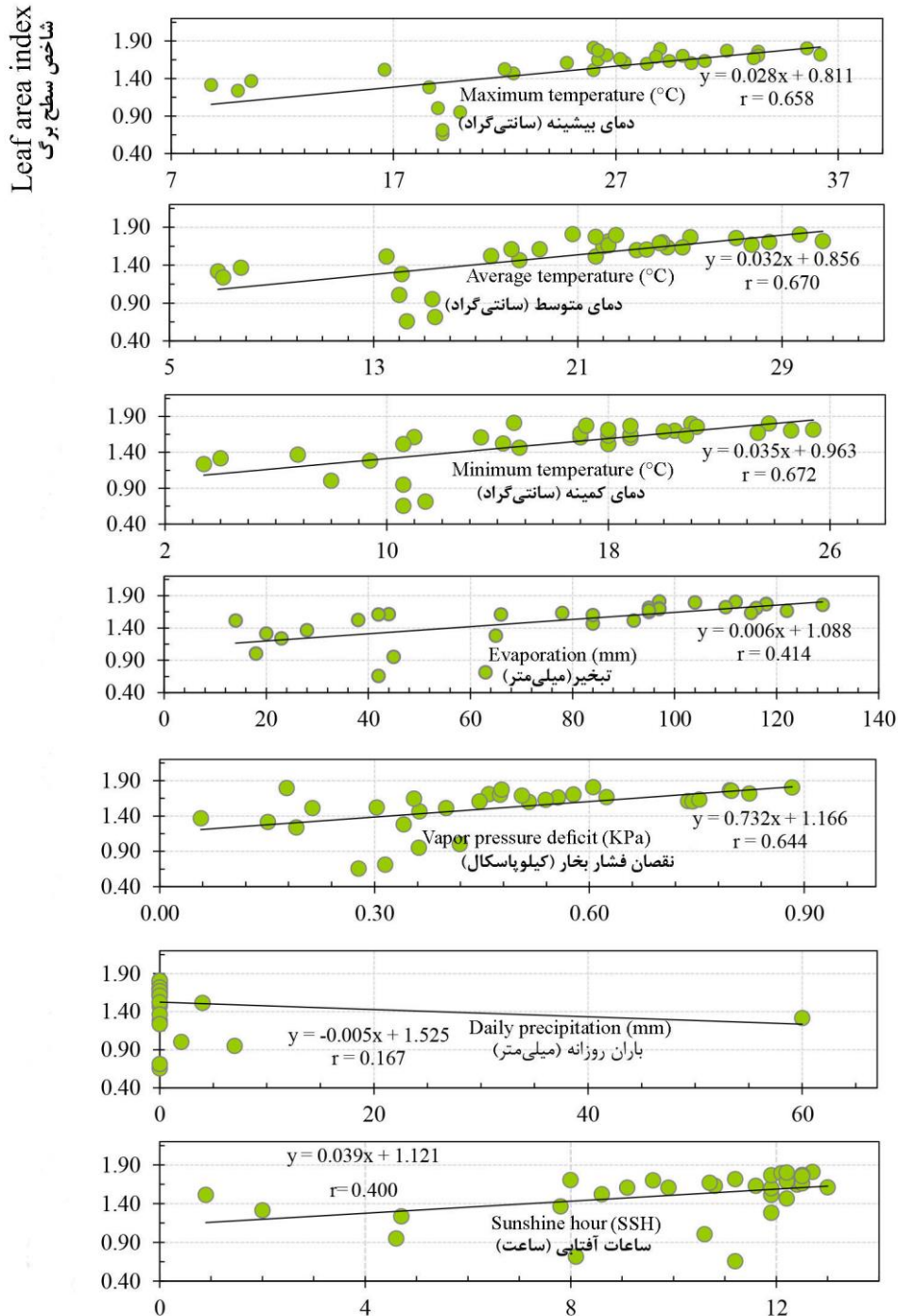
شکل ۵- روند تغییرات روزانه پارامترهای اقلیمی در سال ۱۳۹۹ در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک سردشت

Figure 5. The trends of daily changes of climatic parameters in 2019 at the Sardasht synoptic weather station

شاخص سطح برگ در منطقه شاهد در مقایسه با منطقه آفت‌زده نشان دادند (۰/۶ در مقابل ۰/۴). پارامتر دما در هر دو منطقه دارای بیشترین مقدار همبستگی با شاخص سطح برگ بود (به‌طور میانگین ۰/۷ در منطقه شاهد در مقابل ۰/۵ در منطقه آفت‌زده) (شکل‌های ۶ و ۷). تفاوت

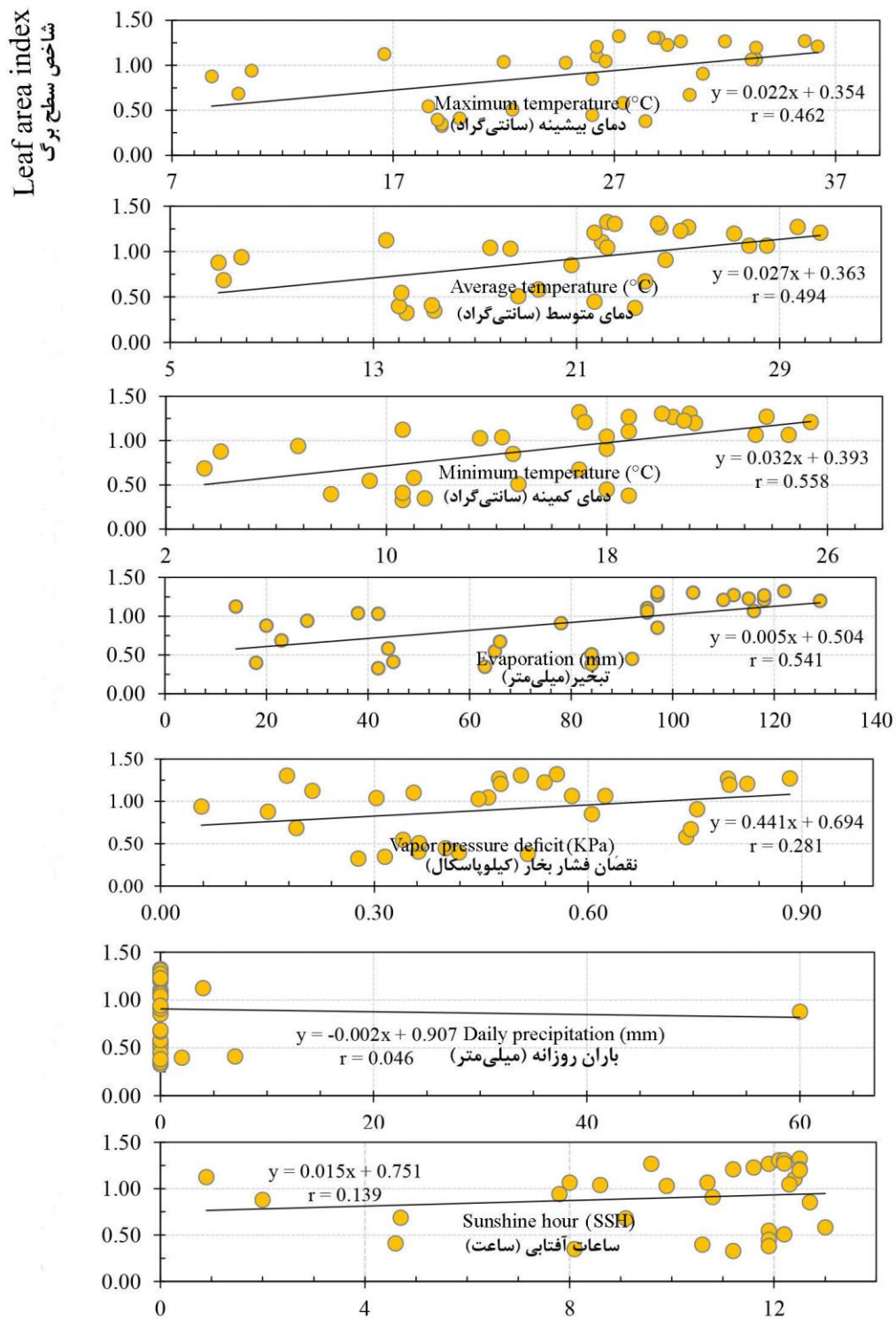
در هر دو منطقه شاهد و آفت‌زده، اگرچه شاخص سطح برگ با کلیه پارامترهای اقلیمی به‌جز بارش دارای همبستگی مثبت بود، اما در هر دو منطقه، شاخص سطح برگ با دمای حداقل، بیشترین همبستگی را نشان داد (شکل‌های ۶ و ۷). به‌طورکلی، پارامترهای اقلیمی همبستگی بیشتری را با

همبستگی بین شاخص سطح برگ با ساعات آفتابی در دو منطقه شاهد و آفت‌زده بیشترین (۰/۲۶) و با تبخیر کمترین (۰/۱۰) بود (شکل‌های ۶ و ۷).



شکل ۶- رابطه بین شاخص سطح برگ با پارامترهای اقلیمی در منطقه شاهد

Figure 6. Relationships between leaf area index (LAI) and the climatic parameters in the control area



شکل ۷- رابطه بین شاخص سطح برگ با پارامترهای اقلیمی در منطقه آفت‌زده

Figure 7. Relationships between leaf area index (LAI) and the climatic parameters in the pest-affected area

بحث

بررسی نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، مقدار شاخص سطح برگ در منطقه آفت‌زده نسبت به منطقه شاهد طی دوره زمانی مورد مطالعه همواره کمتر بود. در واقع، اگرچه مناطق شاهد و آفت‌زده از نظر شرایط اقلیمی و فیزیوگرافیک شباهت بسیاری به همدیگر دارند، اما در نتیجه فعالیت آفت پروانه جوانه‌خوار طی سالیان متمادی در منطقه آفت‌زده، شاهد تضعیف قدرت رشد درختان منطقه هستیم (Banj Shafiei *et al.*, 2011) که سبب شده مقدار شاخص سطح برگ در این منطقه، همواره نسبت به منطقه شاهد کمتر باشد، چنانکه در ابتدای دوره رشد درختان در تاریخ ۳۱ فروردین (۱۹ آوریل)، مقدار این شاخص در منطقه شاهد ۰/۶۶ و در منطقه آفت‌زده، ۰/۳۳ اندازه‌گیری شد. با ادامه دوره رشد درختان، بیشترین مقدار شاخص سطح برگ در ۱۱ خرداد ماه (۳۱ مه) به حدود ۱/۸۱ رسید، اما در منطقه آفت‌زده، بیشترین مقدار این شاخص ۱/۳۱ در ۱۹ خرداد (۸ ژوئن) بود. از سوی دیگر، نمای کلی منحنی تغییرات شاخص سطح برگ در منطقه شاهد و آفت‌زده، به همدیگر شباهت بسیاری داشت، اما تفاوت‌های بارزی نیز بین روند تغییرات این شاخص در دو منطقه شاهد و آفت‌زده مشاهده شد. برای نمونه، طی دوره شروع رشد درختان تا مرحله اوج رشد، همزمان با افزایش دما، شاخص سطح برگ در منطقه شاهد، تقریباً بدون وقفه و با روندی صعودی ادامه یافت، در حالی‌که در منطقه آفت‌زده روند تغییرات شاخص سطح برگ، بدون وقفه، یا کاملاً صعودی نبود، بلکه در دو مقطع زمانی با روندی نزولی مواجه شد. اولین مقطع زمانی روند نزولی شاخص سطح برگ در منطقه آفت‌زده، از تاریخ ۲۶ اردیبهشت تا ۳ خرداد (۱۵ تا ۲۳ مه) در حدود یک هفته بود که طی این مقطع زمانی، با وجود صعودی بودن روند تغییرات دما، مقدار شاخص در منطقه آفت‌زده دچار سیر نزولی شد. این تاریخ همزمان با تاریخ فعالیت پروانه جوانه‌خوار است که روی منحنی به خوبی قابل مشاهده است (شکل ۴). سپس، تغییرات این شاخص سیر صعودی به خود گرفت و دوباره در تاریخ ۱۵ تا ۱۷ خرداد (۴ تا ۶ ژوئن)

طی مقطع زمانی دوم با یک افت کاهشی کوتاه‌مدت مواجه شد و در ادامه با روند افزایشی در اوایل تیرماه، به مقدار اوج خود رسید. با توجه به اینکه شرایط آب‌وهوایی منطقه آفت‌زده و منطقه شاهد طی دوره مورد مطالعه مشابه بود، به نظر می‌رسد تفاوت منحنی تغییرات شاخص سطح برگ در دو منطقه شاهد و آفت‌زده طی دوره رشد درختان جنگلی، تحت تأثیر فعالیت آفت پروانه جوانه‌خوار بوده است. در واقع، در ابتدای فصل رشد درختان، با افزایش دما، فعالیت آفت جوانه‌خوار نیز افزایش یافته و سبب کاهش شاخص شده است. این یافته با نتایج پژوهشگران بسیاری مطابقت دارد، چنانکه Zargaran و همکاران (۲۰۱۷) در جنگل‌های سردشت و پیرانشهر نشان دادند، دما بر زمان شروع فعالیت پروانه جوانه‌خوار بلوط تأثیرگذار است. یافته‌های Cavaletto و همکاران (۲۰۱۹) در جنگل‌های شمال شرق ایتالیا نیز نشان می‌دهد، در سال‌های گرم، تخم‌ریزی حشرات راست‌بالان و شمشیرک‌داران از اوایل بهار آغاز می‌شود، در حالی‌که در سال‌های سردتر، تخم‌ریزی با تأخیر شروع شده و به چند روز محدود می‌شود. Pureswaran و همکاران (۲۰۱۹) نیز در شرق کبک در شمال شرق کانادا نشان دادند، در آب‌وهوای گرم‌تر، فعالیت کرم جوانه‌خوار صنوبر شرقی در اوایل فصل آغاز می‌شود. همچنین، Wu و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی تأثیر گرم شدن آب‌وهوا بر فنولوژی سه آفت شته، به این نتیجه رسیدند که فصل فعالیت و مهاجرت این سه آفت همراه با گرم شدن آب‌وهوا طولانی شده بود. مشاهدات میدانی و بررسی‌های به عمل آمده در منطقه آفت‌زده نیز نشان می‌دهد که اوج فعالیت پروانه جوانه‌خوار مربوط به اواخر اردیبهشت است. بنابراین، در نتیجه فعالیت این آفت، از تاریخ ۲۶ اردیبهشت تا ۳ خرداد (۱۵ تا ۲۳ مه) در منطقه آفت‌زده، سیر نزولی شاخص سطح برگ مشاهده شد، در حالی‌که در همین دوره زمانی در منطقه شاهد، شاخص سطح برگ دارای روندی صعودی است (شکل ۴). در واقع، همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، طی این دوره یک هفته‌ای، با فعالیت آفت یادشده، مقدار شاخص سطح برگ نیز کاهش یافته است. این نتیجه با یافته‌های Zargaran و

تغییرات دمایی حساسیت بیشتری از خود نشان می‌دهد، به طوری که در موج اول افزایش دما در تیرماه، اگرچه در هر دو منطقه شاهد و آفت‌زده، مقدار شاخص سطح برگ کاهش یافته بود، اما مقدار کاهش شاخص در منطقه آفت‌زده بیشتر و بارزتر بود. در موج دوم گرما که با افزایش دمای بیشینه و کمینه از تاریخ ۱۴ مرداد (۴ آگوست) شروع شد، مقدار شاخص سطح برگ در منطقه شاهد با روندی کاهشی مواجه نشد، اما در منطقه آفت‌زده همزمان با این تاریخ، روند نزولی شاخص سطح برگ آغاز و تا تاریخ ۱۷ شهریور (۷ سپتامبر) که روند افزایش دمای بیشینه و کمینه افزایشی بوده است، روند تغییرات نیز نزولی بوده است. از سوی دیگر، مقدار شاخص از ۷ تا ۱۵ آبان (۲۸ اکتبر تا ۵ نوامبر) در منطقه آفت‌زده با کمی افزایش مواجه شد. بررسی شرایط آب‌وهوایی در منطقه مورد مطالعه حکایت از آن دارد که در مقطع زمانی مورد اشاره، مقدار جزئی بارش رخ داده است (شکل ۵). با وجود آنکه پارامتر بارش هیچگونه همبستگی معنی‌داری با شاخص سطح برگ نشان نداد، اما با وقوع بارش در آبان ماه، مقدار شاخص در منطقه آفت‌زده با افزایش مواجه شد. اینکه چرا شاخص سطح برگ در دو منطقه آفت‌زده و شاهد با بارش همبستگی نشان نداده است، می‌تواند به دلیل شرایط اقلیمی مدیترانه‌ای حاکم بر منطقه باشد که بیشتر بارش‌ها در مواقعی از سال رخ می‌دهند که فصل رویش تقریباً تمام شده و برگ درختان می‌ریزند. به همین دلیل، با وقوع بارش در آبان‌ماه (تقریباً آخر فصل رشد)، منطقه آفت‌زده که تحت تنش بوده است، نسبت به منطقه شاهد، پاسخ قابل ملاحظه‌ای به بارش نشان داده است. علاوه بر آن، مقدار تبخیر و ساعات آفتابی (شکل‌های ۴ و ۵) نیز در تاریخ ۱۵ آبان (۵ نوامبر) به کمترین مقدار خود رسیده‌اند. بنابراین، به نظر می‌رسد این تغییرات آب‌وهوایی، سبب افزایش مقدار شاخص سطح برگ در منطقه آفت‌زده شده، درحالی‌که در منطقه شاهد در این مقطع زمانی، افزایش ملموسی در شاخص سطح برگ مشاهده نشد. در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که منطقه آفت‌زده بیشتر تحت تأثیر تغییرات آب‌وهوایی قرار گرفته

همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد، به طوری که این پژوهشگران نیز طی بررسی تغییرات جمعیتی جوانه‌خوار بلوط در جنگل‌های سردشت و پیرانشهر بیان کرده‌اند که دوره لاروی این آفت از دهه اول فروردین شروع و اواخر اردیبهشت پایان می‌یابد و اولین شب‌پره‌های این آفت، در دوم خرداد به دام افتادند.

یکی دیگر از تفاوت‌های بارز میان روند تغییرات شاخص سطح برگ در دو منطقه شاهد و آفت‌زده، مربوط به تفاوت زمان به اوج رسیدن مقدار این شاخص در دو منطقه بود. در منطقه شاهد، شاخص سطح برگ در ۱۱ خرداد (۳۱ مه) به مقدار بیشینه رسید، درحالی‌که در منطقه آفت‌زده، ۸ روز دیرتر از منطقه شاهد یعنی ۱۹ خرداد (۸ ژوئن) به مقدار بیشینه خود رسید. درواقع، به نظر می‌رسد در نتیجه فعالیت پروانه جوانه‌خوار در منطقه آفت‌زده، بیشینه شاخص سطح برگ با تأخیر زمانی حدود یک هفته‌ای مواجه شده است. بررسی سیر تغییرات شاخص سطح برگ طی دوره فنولوژیکی درختان جنگلی در منطقه شاهد و آفت‌زده، نشان می‌دهد که در ابتدای رشد درختان و همزمان با فعالیت آفت پروانه جوانه‌خوار، تغییرات این شاخص در منطقه آفت‌زده، تحت تأثیر آن بود، اما پس از سپری شدن دوره فعالیت این آفت، تغییرات شاخص سطح برگ در هر دو منطقه از تطابق بیشتری برخوردار بوده و افت‌وخیزهای روند تغییرات این شاخص در هر دو منطقه تقریباً با تفاوت اندکی همراه است. این تطابق تغییرات همسو در مقدار شاخص مذکور در مناطق مورد مطالعه، تحت تأثیر شرایط آب‌وهوایی است، به طوری که با افزایش دما و تبخیر در تیرماه، شاهد کاهش ملموس مقدار شاخص سطح برگ از ۹ تا ۱۸ تیرماه (۲۹ ژوئن تا ۸ جولای) در دو منطقه شاهد و آفت‌زده هستیم (شکل ۴). با بررسی منحنی تغییرات دما در محدوده مطالعاتی مشاهده می‌شود که مقدار دمای بیشینه و کمینه پس از یک روند نزولی، دوباره از اواخر تیرماه روندی صعودی به خود گرفته و همزمان با آن، مقدار تبخیر نیز با افزایش مواجه شده است (شکل ۵).

نتایج بررسی‌ها نشان داد، منطقه آفت‌زده نسبت به

Comparing leaf area index at different distances from constructed forest roads edge in Hyrcanian forest (Case study: a hornbeam-beech forest in Kheyroud, Mazandaran). *Journal of Forest Research and Development*, 2(2): 167-178 .

- Denman, S., Doonan, J., Ransom-Jones, E., Broberg, M., Plummer, S., Kirk, S., Scarlett, K., Griffiths, A.R., Kaczmarek, M., Forster, J., Peace, A., Golyshin, P.N., Hassard, F., Brown, N., Kenny, J.G. and McDonald, J.E., 2018. Microbiome and infectivity studies reveal complex polyspecies tree disease in Acute Oak Decline. *The ISME Journal*, 12(2): 386-399.
- Eshaghi-Rad, J., Motallebpoor, A. and Alijanpour, A., 2016. Association survey between Oak species in relation to physiographic factors in Zagros Forest (Case study: Sardasht forest, Rabat). *Journal of Forest Research and Development*, 1(4): 285-294.
- Foster, J.R., Townsend, P.A., and Mladenoff, D.J. 2013. Mapping asynchrony between gypsy moth egg-hatch and forest leaf-out: Putting the phenological window hypothesis in a spatial context. *Forest Ecology and Management*, 287: 67-76.
- Gieger T. and Thomas F.M., 2005. Differential response of two Central-European oak species to single and combined stress factors. *Trees*, 19(5): 607-618.
- Haavik, L.J., Billings, S.A., Guldin, J.M. and Stephen, F.M., 2015. Emergent insects, pathogens and drought shape changing patterns in oak decline in North America and Europe. *Forest Ecology and Management*, 354: 190-205.
- Hagh Doust, N., Akbarinia, M., Safaie, N., Yousefzadeh, H., and Bálint, M., 2017. Community analysis of Persian oak fungal microbiome under dust storm conditions. *Fungal Ecology*, 29 (Supplement C): 1-9.
- Hernández-Lambrano, R.E., de la Cruz, D.R. and Sánchez-Agudo, J.Á., 2019. Spatial oak decline models to inform conservation planning in the Central-Western Iberian Peninsula. *Forest Ecology and Management*, 441: 115-126.
- Jakoby, O., Lischke, H. and Wermelinger, B., 2019. Climate change alters elevational phenology patterns of the European spruce bark beetle (*Ips typographus*). *Global Change Biology*, 25(12): 4048-4063.
- Maroufzade, E., Attarod. P. and Ghasemi. A., 2021. Appropriate plant indicators derived from satellite images to investigate the impact of climatic parameters on forest cover in Northern Zagros, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 28(4-82): 335-350.

است. با توجه به مسئله گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی این یافته بسیار حائز اهمیت است، زیرا نتایج بررسی تغییرات شاخص سطح برگ در منطقه شاهد و آفت‌زده، نشان داد که در منطقه آفت‌زده به دلیل اینکه آثار سوء و مستقیم آفت پروانه جوانه‌خوار متأثر از تغییرات آب‌وهوایی است، تغییرات شاخص سطح برگ حساسیت بیشتری به تغییرات آب‌وهوایی دارد.

منابع مورد استفاده

- Baltensweiler, W., Weber, U.M. and Cherubini, P., 2008. Tracing the influence of larch-bud-moth insect outbreaks and weather conditions on larch tree-ring growth in Engadine. *Oikos*, 117(2):161-172.
- Banj Shafiei. A., Eshaghi Rad, J., Alijanpour, A. and Pato, M., 2011. Effect of the oak leafroller moth, *Tortrix viridana* L. on diameter growth increment of lebanon oak (*Quercus libani* Oliv.) in Piranshahr and Sardasht forests. *Iranian Plant Protection Research*, 25(2-2):178-185.
- Barsoum, N., A'Hara, S.W., Cottrell, J.E., Forster, J., Garcia, M.S.J., Schonrogge, K. and Shaw, L., 2021. Root ectomycorrhizal status of oak trees symptomatic and asymptomatic for acute oak decline in southern Britain. *Forest Ecology and Management*, 482: 118-800.
- Biabani, K., Pilevar, B. and Safari, A., 2016. Comparison of spatial patterns and interspecific association of Gall oak (*Quercus infectoria* Oliv.) and Lebanon oak (*Q. libani* Oliv.) in two less degraded and degraded oak stands in northern Zagros (Case study: Khedr Abad, Sardasht). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(1-63): 88-77.
- Cavaletto, G., Faccoli, M., Marini, L. and Mazzon, L., 2019. Emergence phenology and temperature effect on the post-diapause egg development in the bush cricket *Barbitistes vicetinus* (Orthoptera, Tettigoniidae). *Bulletin of Entomological Research*, 110(1): 161-168.
- Ciesla, D., 2004. Survey on *Tortrix viridana* L. biology in Europe. *European Journal of Entomology*, 4: 15-26.
- Crimmins, T.M., Gerst, K. L., Huerta, D.G., Marsh, R.L., Posthumus, E.E., Rosemartin, A.H. and Whitmore, M., 2020. Short-term forecasts of insect phenology inform pest management. *Annals of the Entomological Society of America*, 113(2): 139-148.
- Deljouei, A., Sadeghi, S. M.M. and Abdi, E., 2016.

- Sagheb Talebi, Kh., Sajedi, T. and Pourhashemi, M., 2014. Forests of Iran: A Treasure from the Past, A Hope for the Future. Springer, 152p.
- Schroeder, H. and Degen, B., 2008. Genetic structure of the green oak leaf roller (*Tortrix viridana* L.) and one of its hosts, *Quercus robur* L. Forest Ecology and Management, 256(6): 1270-1279.
- Tabari, M. 2016. Effect of warm stratification, GA3 and H2O2 on seed germination of Caucasian maple (*Acer monspessulanum* subbsp. *iericum* M.B.). Iranian Journal of Forest, 8(1): 23-34.
- Tiberi, R., Branco, M., Bracalini, M. Croci., F. and Panzavolta., T., 2016. Cork oak pests: a review of insect damage and management. Annals of Forest Science, 73: 219-232.
- Wu, Y., Li, J., Liu, H., Qiao, G. and Huang, X., 2020. Investigating the impact of climate warming on phenology of aphid pests in China using long-term historical data. Insects, 11(3): 167.
- Olivas, P.C., Oberbauer, S.F., Clark, D.B., Clark, D.A., Ryan, M.G., O'Brien, J.J. and Ordóñez, H., 2013. Comparison of direct and indirect methods for assessing leaf area index across a tropical rain forest landscape. Agricultural and Forest Meteorology, 117: 110-116.
- Pinho, D., Barroso, C., Froufe, H., Brown, N., Vanguelova, E., Egas, C. and Denman, S., 2020. Linking tree health, rhizosphere physicochemical properties, and microbiome in acute oak decline. Forests, 11(11): 11-53.
- Pourhashemi, M., Jahanbazi, H., Hoseinzadeh, J., Bordbar, S.K., Iranmanesh, Y. and Khodakaram, Y., 2017. The history of oak decline in Zagros forests. Iranian Nature, 2(1): 30-37 (In Persian).
- Pureswaran, D.S., Neau, M., Marchand, M., De Grandpré, L. and Kneeshaw, D., 2019. Phenological synchrony between eastern spruce budworm and its host trees increases with warmer temperatures in the boreal forest. Ecology and Evolution, 9(1): 576-586.

Effect of green oak tortrix (*Tortrix viridana* L.) and climatic parameters on leaf area index of trees in the northern Zagros, west of Iran

E. Maroofzadeh¹, P. Attarod^{2*}, M. Pourhashemi³ and Th. Grant Pypker⁴

1- PhD Student of Silviculture and Forest Ecology, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2*- Corresponding author, Prof., Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran E-mail: attarod@ut.ac.ir

3- Associate Prof., Department of Forest, Research Institute of Forest and Rangeland, AREEO, Tehran, Iran

4- Associate Prof., Department of Natural Resource Sciences, Thomson Rivers University, British Columbia, Canada

Received: 16.10.2021

Accepted: 12.02.2022

Abstract

Green oak tortrix (*Tortrix viridana* L.) is a pest that is changing the phenological pattern and the leaf area index (LAI) of trees in the Zagros region. We compared LAI changes in control (pest-free) and pest-affected areas of oak forests located in Sardasht city, Azerbaijan province, western Iran. During the developmental stage of the canopy (April to December 2020), 32 pictures were taken at 15 locations using a fisheye lens camera at both study sites. Correlation of LAI with meteorological parameters such as temperature, vapor pressure deficit (VPD), precipitation, evaporation, and daylight hours were studied. Average LAI value in the control (1.51) was significantly greater than that of the pest-affected area (0.90). LAI peaked at 1.32 in the pest affected area on June, 8, 2020, whereas the peak value of 1.81 was observed 8 days earlier (May, 31, 2020) in the control area. Apart from rainfall, LAI demonstrated a significant positive correlation with all climatic parameters in both control and pest areas. However, LAI showed a stronger correlation with climatic parameters in the control area (mean $r=0.6$) compared to the pest-affected area (mean $r=0.4$). In both studied areas, temperature had the highest correlation coefficients with LAI (0.7 in the control vs. 0.5 in the pest-affected area). The sensitivity of LAI to both green oak tortrix and climatic parameters suggests that the climate change may result in future alterations on oak tree phenology.

Keywords: Correlation coefficient, oak forest, temperature, west Azerbaijan