دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
بوم‌شناسی جنگل‌های ایران

"مقاله پژوهشی"

بررسی تغییرات پدیده‌شناسی اقاقیا (*Robinia pesudoacacia* L.) با استفاده از روش‌های توصیفی و تحلیل کمّی

زهرا جعفری[1] و سید حمید متین‌خواه[2]

۱- دانشجوی دکترای علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، (نویسنده مسوول: Zahra.Jafari1@na.iut.ac.ir)
۲- دانشیار علوم مرتع، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۰
صفحه: ۲۰ تا ۲۸

چکیده

بررسی مراحل پدیده‌شناسی و تعیین زمان وقوع آن‌ها در شرایط مختلف زیستی، در امر اصلاح و انتخاب پایه‌ها در جنگل‌کاری ابزاری مفید است. به‌این منظور، در مطالعه حاضر از دو روش توصیفی و کمّی جهت ثبت پدیده‌شناشی درخت اقاقیا استفاده شد. به این صورت که، در روش توصیفی، در طول فواصل زمانی معین اقدام به ثبت مشاهدات فنولوژیکی و در روش کمّی با استفاده از کانال‌های رنگی از اجزای گیاه در طول فصل رشد عکس‌برداری صورت گرفت. رنگ اجزای گیاهی با استفاده از نرم‌افزار فتوشاپ یکنواخت، رقم کانال رنگی آن‌ها تعیین و سپس درصد هر یک از کانال‌های رنگ تعیین شد. از ضریب همبستگی پیرسون به‌منظور بررسی همبستگی بین دما و بارش با شاخص 2G-RB در نرم‌افزار SPSS 22.0 استفاده شد. به‌منظور بررسی درجه-روزهای رویشی نیز از خصوصیات اقلیمی استفاده شد. نتایج نشان داد که گیاه مذکور اوایل فروردین ماه رشد رویشی خود را آغاز می‌کند و تا اوایل مرداد ماه ادامه دارد. اواخر آذر ماه برگ‌های درخت می‌ریزد و در سه ماه زمستان به خواب می‌رود. ظهور غنچه اواخر خرداد و گلدهی گیاه در اواسط تیر ماه مشاهده شد. اواخر مرداد میوه‌ها تشکیل و اواسط شهریور تا اوایل آبان میوه‌ها می‌رسند. بذرها از اوایل شهریور تا اوایل اردیبهشت پراکنده می‌شوند. هم‌چنین، تنها بین متوسط دمای ماهانه و تغییر رنگ ساقه درخت اقاقیا همبستگی معنی‌دار مشاهده شد و به ۳۱۸۰، ۵۵۶۹/۱۰، ۶۲۹/۷، ۱۱۵۳/۷۰، ۵۶۹/۶۰، ۱۴۷۴/۴۰، ۵۹۵۱/۹۰، ۶۵۳/۳۰، ۲۸۲/۷۰ و ۸۳۰/۹۰ درجه-روز به‌ترتیب برای مراحل رویشی (ظهور برگ، ظهور غنچه، گلدهی، تشکیل میوه، رسیدن میوه، ریزش بذر، خزان برگ، ریزش برگ و خواب) نیاز دارد. از آن‌جا که درخت اقاقیا درختی مناسب جهت کشت در مناطق معتدله سرد و نیمه‌خشک است، شناخت پدیده‌شناسی آن به طرح‌های احیای زیست‌شناختی و توسعه فضای سبز کمک خواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: احیاء، پدیده‌شناسی، درخت اقاقیا، درجه-روز رویشی، کانال‌های رنگی

مقدمه

فنولوژی یکی از مباحث علم گسترده زیست‌شناختی است و منظور از آن مطالعه تغییرات مراحل حیاتی گیاهان از قبیل جوانه‌زدن بذور در گیاهان یکساله، شروع رشد در گیاهان چندساله، تاریخ برگ‌دهی و طول دوره آن، تاریخ شروع و خاتمه گلدهی، زمان رسیدن و بلوغ بذر و ریزش آن و سرانجام مشخص کردن تاریخ خاتمه رویش و دوره خواب است (۲۵). فنولوژی از واژه‌های یونانی phane و phenol به‌معنای ظاهر شدن گرفته شده است و از آن‌جایی که پدیده‌شناسی به موسم ظهور پدیده‌های دوره‌ای در موجودات زنده مربوط است، می‌توان در فارسی از واژه معادل ظهورشناسی یا پدیده‌شناسی به جای فنولوژی استفاده کرد (۱۱). پدیده‌شناسی در علوم مختلف استفاده‌های گوناگونی دارد، در پرورش زنبور عسل جهت تعیین زمان انتقال زنبورها به طبیعت، در پزشکی برای تشخیص دوره‌های عوامل آلرژی‌زا، در مرتع برای تعیین زمان ورود دام به مراتع و تعیین فصل چرا و در جنگل نیز در اجرای طرح‌های جنگل‌داری، جنگل‌کاری، تجدید حیات طبیعی، تعیین زمان مناسب جمع‌آوری بذر و اجرای برش‌های بذرافشانی، عقیم کردن درختان نامرغوب و مبارزه با آفات جنگلی کاربرد دارد (۱۴).

خاتم‌ساز (۱۰) فنولوژی درختان و درختچه‌های آربورتوم نوشهر را به‌مدت پنج سال و از سال ۱۳۵۳ تا ۱۳۵۷ مورد بررسی قرار داد. در این پژوهش، ۲۹۹ گونه و واریته که از نظر جنگل‌داری و جنگل‌کاری و نیز از نظر زینتی ارزش بیش‌تری داشته‌اند مطالعه و زمان‌های مختلف جوانه‌زنی، ظهور برگ، ظهور غنچه، ظهور گل و غیره تعیین شد. فراز (۴) فنولوژی شش گونه درختی را از اکتبر ۱۹۹۳ تا اکتبر ۱۹۹۶ در یک قطعه جنگلی ده هکتاری در محدوده شهری سائوپولو از لحاظ زمان‌های گلدهی، میوه‌دهی، جوانه‌زنی و خزان برگ مورد مطالعه قرار داده و یک ضریب هبستگی چندگانه را در روابط درجه حرارت، بارندگی و پدیده‌های فنولوژیکی تعریف کرده است. ایشان هم‌چنین روابط میان عوامل آب و هوایی را در طول چند ماه مورد بررسی قرار داده و عنوان کرده است که زمان گلدهی در دو گونه از گونه‌های مورد بررسی با وضعیت آب و هوایی دو ماه قبل در ارتباط بوده است. محمدی و همکاران (۱۳) به بررسی فنولوژی گونه قیچ (*Zygophyllum atriplicoides* Fisch. & C.A. Mey.) در منطقه موته استان اصفهان پرداختند. گیاه قیچ از گونه‌های گیاهی مناسب برای احیای مناطق خشک و بیابانی است. آن‌ها در تحقیقاتشان نتیجه گرفتند که بین موسم پدیده‌های مهم گیاهی با فاکتورهای آب و هوایی مانند بارش و دما ارتباط معینی دیده می‌شود. ناگای و همکاران (۱۶) با استفاده از تصاویر دوربین دیجیتالی با بررسی رابطه بین الگوهای فصلی RGB به شناسایی خصوصیات پدیده‌شناسی مختلف بین گونه‌ها پرداختند و بیان کردند که اختلاف در پدیده‌شناسی بین گونه‌های درختی در فصل پاییز با استفاده از تکنیک

RGB قابل شناسایی است، در حالی‌که این تکنیک در فصل بهار قابل کاربرد نیست. گراهام و همکاران (۶) در تحقیقی اظهار کردند که در مقیاس‌های منطقه‌ای تکنیک RGB در اعتبارسنجی NDVI می‌تواند مفید باشد.

دانستن پدیده‌شناختی برای بسیاری از مطالعات و بررسی‌ها در انتخاب گونه حائز اهمیت است. با توجه به این‌که درخت اقاقیا از گونه‌های گیاهی مناسب جهت احیای مناطق و توسعه فضای سبز است و تحقیقات کمّی در زمینه پدیده‌شناسی این گیاه صورت گرفته است، بررسی پدیده‌شناسی این گیاه ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در مراتع خشک مناطق مرکزی ایران با تیپ رویشی ایران و توران دشتی در عرض جغرافیایی ″۴۳ °۳۲ شمالی و طول جغرافیایی ″۳۳ °۵۱ شرقی انجام شده‌است. ارتفاع از سطح دریا ۱۶۰۰ متر است. بر طبق آمار ۶۰ ساله اداره کل هواشناسی استان اصفهان در فاصله سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰، میانگین درجه حرارت سالانه ۱۷٫۰۳ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی سالانه منطقه ۱۳۴ میلی‌متر و متوسط رطوبت نسبی هوای سالانه ۳۸٪ می‌باشد. گرم‌ترین و سردترین ماه‌های سال نیز به‌ترتیب تیر ماه و دی ماه گزارش شده است. حداکثر و حداقل مطلق دما نیز به‌ترتیب ۴۸+ و ۳۰- گزارش شده است (۲۴).

معرفی گونه مورد مطالعه

درخت اقاقیا (*Robinia pesudoacacia* L.) با نام انگلیسی Black Locust از خانواده Papilionaceae درختی تقریباً بدون کرک با تنه‌ای با پوست قهوه‌ای عمیقاً شیاردار و شاخه‌های خاردار، خزان کننده و اغلب مولد ریشه‌جوش است. شاخه‌ها بدون جوانه انتهایی. برگ‌ها متناوب، شانه‌ای زوج با گوشواره‌های اغلب خاردار کوچک، برگچه‌ها ۷–۱۹ تایی، تخم‌مرغی یا بیضوی به طول ۲/۵–۵ سانتی‌متر، دایره‌ای یا سربریده با رأس نوک‌دار، دمبرگچه‌دار، کامل و گوشوارک‌دار. گل‌ها پروانه‌آسا، سفید و بسیار معطر به‌طول حدود ۱۵– ۲۰ میلی‌متر، گل‌آذین خوشه‌ای، آویزان، کرک‌دار به طول ۱۰–۲۰ سانتی‌متر که در اواخر بهار یا اوایل تابستان گل می‌دهند. کاسه گل استکانی، ۵ دندانه‌ای و کمّی دو لبه، گلبرگ‌ها با ناخنک کوتاه، درفش بزرگ، دایره‌ای و کمّی بلندتر از بال‌ها و ناو. پرچم‌ها دو دسته‌ای ۹ تایی و یکی (۱+۹)، نیام مستطیلی تا خطی، تخت، پردانه، شکوفا، قهوه‌ای مایل به قرمز به طول ۷٫۵–۱۰ سانتی‌متر، صاف و در طول زمستان روی شاخه باقی می‌ماند (۱۴) (شکل ۱).

درخت اقاقیا گونه بومی در شمال آمریکا و اروپا است و به سایر مناطق کشورها معرفی شده است. اغلب در نواحی معتدل و معتدل سرد ایران (تهران، کرج) نیز پراکنش دارد. در انواع اراضی و اقالیم به‌خوبی رشد می‌کند. گیاهی است مقاوم به خشکی و سرما و در مناطق خشک و اراضی با خاک خنثی به‌خوبی رشد می‌کند. این درخت سازگار با شرایط زیست شناختی متوسط بوده و در خاک سبک نه الزاماً غنی (خود آن را غنی می‌کند) به آسانی مستقر می‌شود، قابلیت زادآوری آن بالاست و به‌عنوان بادشکن کشت می‌شود (۹). در اکثر نقاط به‌منظور استفاده زینتی و به‌خاطر گل‌های معطرش کاشته می‌شود، اگر چه در اغلب موارد به‌عنوان بادشکن و جنگل‌کاری در مناطق خشک و خاک‌های شنی خشک نیز کاربرد دارد (۱۳).

شکل ۱– درخت اقاقیا
Figure 1. Black Locust

روش تحقیق

جهت انجام تحقیق حاضر از دو روش توصیفی و تحلیل کمّی استفاده شد:

روش توصیفی: در این روش در طول فواصل زمانی هفته‌ای یک بار مراجعه به گیاه مذکور روی ده پایه گیاهی (به ارتفاع ۱/۵ متر و قطر یقه ۱۵ سانتی‌متر) در طول یک سال (۱۳۹۶) اقدام به ثبت مشاهدات پدیده‌شناختی (رشد رویشی، ظهور برگ، ظهور غنچه، گلدهی، تشکیل میوه، رسیدن میوه، ریزش بذر، خزان برگ، ریزش برگ، خواب گیاه) شد و نتایج آن‌ها در فرم‌های از قبل تهیه شده وارد و در هر بار مراجعه به گیاه، فرم‌ها تکمّیل شدند. درصد برگ گیاه با توجه به مجموع سطح برگ‌ها در هر متر مربع تخمین زده شد.

روش کمّی: بخش دیگر مطالعات پدیده‌شناسی، کمّی کردن داده‌ها است که از کمّی کردن رنگ داده‌های مربوط به برگ، میوه، ساقه و گل به‌دست می‌آید. به این منظور عکس‌برداری از اجزای گیاهی (برگ، گل، میوه و ساقه) با استفاده از

دوربین‌های رقومی در طول فواصل زمانی هفته‌ای یک بار صورت گرفت. برای بررسی کمّی رنگ اجزای درخت، از سیستم RGB که ترکیبی است از رنگ‌های قرمز (Red)، سبز (Green) و آبی (Blue) و به‌ازاء هر رنگ قدرت تفکیکی برابر ۲۵۶ عدد رقومی دارد در نرم‌افزار فتوشاپ استفاده شد. عکس‌ها در محیط فتوشاپ به‌طور مجزا مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و ترجیحاً از عکس‌هایی استفاده شد که در سایه سایر برگ‌ها یا نور مستقیم خورشید نبوده و نور تقریباً یکنواختی دریافت کردند. هم‌چنین قسمت‌هایی از برگ‌ها که رنگ یکنواخت‌تری دارند و از وضوح کافی برخوردار هستند انتخاب شدند و سپس رنگ بوسیله Smudge Tool کاملاً یکنواخت شد. در نتیجه، می‌توان زمان دقیق تحولات گیاهی را تعیین کرد. پس از یکنواخت شدن رنگ برگ، با استفاده از ابزار Eyedropper Tool (I) از یک قسمت از عکسی که رنگ آن یکنواخت شده نمونه‌برداری شد و RGB آن قسمت از عکس خوانده شد که در نهایت در software 2016 word بازسازی شد. برای بازسازی رنگ در محیط Word، از ابزار Shading Color در نوار ابزار Borders and Tables استفاده شد. در تهیه نمودارها به‌منظور حذف تأثیر نورپردازی، با استفاده از روش تهیه "روشنی نرمال شده" درصد نسبی هر یک از کانال‌ها به‌صورت رابطه ۱ تعیین شد:

رابطه (۱)

مجموع اعداد RGB/ عدد کانال رنگ = درصد کانال رنگ

به‌دلیل انجام عکسبرداری در ساعات مختلف روز و به‌جهت حذف اثر نور در عکس‌برداری، در به‌دست آوردن شاخص رنگ 2G-RB از درصد نسبی کانال‌های رنگ به‌جای اعداد دیجیتال رنگ (DN)[1] در رابطه ۲ استفاده شد (۱۹).

رابطه (۲)

$$\text{2G-RB} = (\text{green DN} - \text{Red DN}) + (\text{green DN} - \text{blue DN}) = 2*(\text{green DN}) - (\text{red DN} + \text{blue DN})$$

با توجه به این‌که دما و بارش دو پارامتر مهم و تأثیرگذار بر رنگ اجزای گیاهی است، به‌منظور بررسی همبستگی بین دما و بارش با شاخص 2G-RB (با در نظر گرفتن نرمال نبودن داده‌ها) از آمار توصیفی ضریب همبستگی پیرسون در نرم‌افزار SPSS 22.0 استفاده شد.

هم‌چنین، به‌منظور بررسی خصوصیات اقلیمی و تعیین مقدار انرژی گرمای مورد نیاز، از آمار ایستگاه هواشناسی اصفهان استفاده شد. برای این کار از مقیاسی به‌نام درجه-روزهای رویشی یا GDD[2] رابطه ۳ استفاده شد (۲۰).

رابطه (۳)

$$GDD = \sum \left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base} \right]$$

که در این رابطه، T_{max}، درجه حرارت حداکثر، T_{min} درجه حرارت حداقل و T_{base}، دمای پایه (دمایی که در آن سرعت نمو معادل صفر است) است.

نتایج و بحث

جدول‌ها و نمودارهای حاصل از مشاهدات صحرایی، امکان بررسی همزمان تغییرات پدیده‌شناختی از لحاظ یک پدیده خاص را در همه گونه‌ها فراهم می کنند. در روش توصیفی، در بررسی پدیده‌شناسی درخت اقاقیا و پس از مطالعات ماهانه و عکس‌برداری‌های لازم اطلاعات زیر به‌دست آمد که در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است و نتایج حاصل از بررسی کمّی پدیده‌شناسی درخت اقاقیا در جدول ۳ نشان داده شده است.

حداکثر تعداد برگ در خرداد و تیر ماه مشاهده شد و پس از آن تعداد برگ‌ها کاهش یافتند و از اواسط آذر ماه برگ‌ریزی کامل مشاهده شد. رنگ ساقه نیز از خاکستری روشن در اوایل فصل رویشی به قهوه‌ای روشن در اواخر فصل رشد تغییر کرد (جدول ۱).

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، رشد رویشی گیاه در منطقه مورد مطالعه پس از سپری شدن خواب زمستانه و با مناسب شدن درجه حرارت هوا از فروردین شروع شد و تا اواسط مرداد ماه ادامه یافت. دمای هوا عامل بسیار مهمی در تعیین زمان وقوع مراحل پدیده‌شناسی و سرعت رشد در گیاهان است (۳)، به‌نحوی که کاهش یا افزایش آن باعث تغییراتی در زمان وقوع و طول دوره مراحل پدیده‌شناسی می‌شود (۱۵). هم‌چنین شروع رشد رویشی وابسته به بارش‌های زمستانه است. ظهور برگ از اواسط فرودین ماه مشاهده شد و تا اواسط آذر ماه ادامه داشت. ظهور غنچه اواخر خرداد مشاهده شد و اواسط تیرماه شاهد گلدهی گیاه بودیم. اواخر مرداد میوه‌های درخت اقاقیا تشکیل شدند و اواسط شهریور تا اوایل آبان میوه‌ها رسیدند. بذرها از اوایل شهریور تا اوایل اردیبهشت پراکنده می‌شوند (۱۸). از اوایل آبان ماه و تا آخر آذر ماه خزان برگ مشاهده شد. با کاهش دمای حداقل در اواسط پاییز ریزش برگ از اواسط آذر ماه شروع و تا آخر آذر ماه مشاهده شد. در نتیجه درخت اقاقیا گیاهی خزان‌پذیر است. در فصل پاییز، برگ درختان در واکنش نسبت به هوای سرد و تغییر نور روزانه دیگر قادر به تولید کلروفیل سبز نیستند. در این‌جا مشاهده می‌شود که شروع یک مرحله جدید پدیده‌شناسی دال بر اتمام مرحله قبلی نیست. رکود گیاه از اوایل دی ماه تا اواخر اسفند ادامه دارد. عوامل محیطی مانند دما و طول روز به‌همراه عوامل درونی درختان باعث وقوع خواب زمستانه می‌شوند (۲۶). هر چند رطوبت محیط مناسب است. بیش‌تر گیاهان پس از گذراندن مقدار معینی از دوره سرما در طول زمستان آماده ورود به مرحله جوانه‌زنی می‌شوند. میزان دوره گرمایی مورد نیاز برای جوانه‌زنی پس از سپری شدن یخبندان‌های زمستانه بر اساس متوسط دمای شبانه‌روز بیش از صفر درجه سانتی‌گراد محاسبه شده است (۸). کریمنس و کریمنس (۵) ضمن بیان مشکلات ثبت مشاهدات روزانه پدیده‌شناختی، عکسبرداری به‌صورت مکرر را راه‌حل مناسبی برای پایش رویدادهای پدیده‌شناختی در گیاهان عنوان می‌کند. متین‌خواه (۱۱) به بررسی پدیده‌شناسی سی و پنج گونه درختی و درختچه‌ای از جمله درخت اقاقیا پرداخت که با مقایسه نتایج تحقیق ایشان و تحقیق حاضر نتیجه‌گیری می‌شود که پدیده‌های فنولوژیکی در تحقیق حاضر زودتر رخ داده‌اند. برای مثال ظهور برگ‌ها در این تحقیق اوایل خرداد مشاهده شده است ولی در تحقیق حاضر ظهور برگ در فروردین رخ داده است. انتظار می‌رود گرم شدن کره زمین فنولوژی گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد.

1- Digital Number

2- Growth Degree Days

جدول ۱- اطلاعات صحرایی فنولوژی گیاه اقاقیا

Table 1. Field information of phenology of *Robinia pesudoacacia*

ردیف	تاریخ	برگ (٪)	رنگ پوست
۱	۱۳۹۶/۴/۲۰	۶۰	خاکستری روشن
۲	۱۳۹۶/۵/۲۰	۹۰	خاکستری روشن
۴	۱۳۹۶/۷/۲۰	۱۰۰	خاکستری مایل به سبز
۵	۱۳۹۶/۸/۲۰	۸۵	خاکستری مایل به سبز
۶	۱۳۹۶/۹/۲۰	۷۰	خاکستری مایل به سبز
۷	۱۳۹۶/۱۰/۲۰	۵۰	خاکستری مایل به سبز
۸	۱۳۹۶/۱۱/۲۰	۳۰	قهوه‌ای تیره
۹	۱۳۹۶/۱۲/۲۰	۵	قهوه‌ای تیره
۱۰	۱۳۹۷/۱/۲۰	–	قهوه‌ای روشن
۱۱	۱۳۹۷/۲/۲۰	–	قهوه‌ای روشن
۱۲	۱۳۹۷/۳/۲۰	–	قهوه‌ای روشن

طیف رنگ حاصل از تغییرات برگ و ساقه درخت اقاقیا با استفاده از RGB بازسازی شده و به نمایش درآمده که به این ترتیب می‌توان گزارشی بصری از رنگ پدیده در زمان‌های مختلف تهیه نمود (جدول ۳). روند تغییر رنگ برگ از سبز به زرد و روند تغییر رنگ ساقه از خاکستری روشن به قهوه‌ای روشن در طول فصل رشد با استفاده از تحلیل کمّی پدیده‌شناسی قابل مشاهده است. هم‌چنین می‌توان مشاهده کرد که در زمان خواب گیاه، ساقه نیز تغییر رنگ داده است. شهبازی و متین‌خواه (۲۲) نیز در تحقیقاتشان از روش RGB برای تحلیل کمّی پدیده‌شناسی درخت عرعر (*Ailanthus altissima* Mill.) استفاده کردند.

به‌منظور فهم بهتر این جداول لازم است اطلاعات آن‌ها به نمودار تبدیل شود تا تغییرات وقایع ادواری به‌صورت بصری قابل فهم باشد. تغییرات درصد RGB در برگ و ساقه در طول سال در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، در اردیبهشت ماه مقدار عددی رنگ سبز گیاه بیش‌تر از سایر ماه‌هاست و در این ماه رنگ برگ گیاه سبز پرنگ است که نشان دهنده فتوسنتز بیش‌تر در این ماه است. به مرور زمان مقدار عددی رنگ سبز به تدریج کاهش می‌یابد و در شهریور ماه مقدار عددی رنگ قرمز به تدریج افزایش پیدا کرده است و اواسط آبان کانال رنگ سبز و قرمز با هم تداخل می‌یابند و با افزایش کانال رنگ قرمز برگ‌ها تغییر رنگ داده‌اند و کم کم به سمت خزان پیش می‌روند. در آذر ماه برگ گیاهان می‌ریزد. تغییرات اقلیمی و واکنش گیاه نسبت به این تغییرات موجب تغییرات رنگی در برگ گیاه شده است. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، کانال رنگ سبز در ابتدا درصد کمّی را تشکیل می‌دهد ولی به تدریج در طول فصل رشد درصد کانال رنگ سبز افزایش می‌یابد و در ساقه‌ها رنگ سبز نمایان می‌شود و از مهر ماه با افزایش رنگ قرمز نسبت به رنگ سبز تا پایان سال، رنگ ساقه گیاه به سمت قهوه‌ای میل می‌کند. در زمان خواب گیاه، ساقه نیز تغییر رنگ داده است و با افزایش رنگدانه‌های منعکس کننده نور قرمز به‌سمت قهوه‌ای متمایل شده است.

همان‌طور که مشاهده می‌شود، میوه درخت اقاقیا در فصل پاییز و زمستان پایا هستند و تغییر محسوسی در رنگ میوه اقاقیا در طول سال مشاهده نشد و اکثراً در تمام ماه‌ها رنگ نیام به رنگ قهوه‌ای دیده می‌شود.

باید توجه داشت بیماری، رقابت، عوامل خاکی و شرایط آب و هوایی از عوامل تأثیرگذار وضعیت مراحل پدیده‌شناسی گیاه است (۱۲). آن‌چه بیش‌تر در علم پدیده‌شناسی اهمیت دارد، تأثیر عوامل اقلیمی و به‌ویژه میزان بارندگی و متوسط درجه حرارت روی پدیده‌های مختلف فنولوژیکی است (۷). در جدول ۴ و ۵ ضریب همبستگی بین شاخص 2G-RB و متوسط دمای ماهانه و مجموع بارش ماهانه ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تنها بین متوسط دمای ماهانه و تغییر رنگ ساقه گیاه همبستگی معنی‌دار مشاهده شد. که با نتایج محمدی و همکاران (۱۳) مطابقت دارد. ایشان نیز در تحقیقاتشان نشان دادند که تغییرات رنگ ساقه با متوسط دمای ماهانه همبستگی معنی‌دار دارد. بررسی رابطه بین پدیده‌شناسی و آب و هوا به فهم مکانیزم واکنش‌های پوشش گیاهی در برابر تغییرات آب و هوایی کمک می‌کند. نجفی شعبان کاره (۱۷) پدیده‌شناسی گونه قیچ (*Zygophyllum atriplicoides* Fisch. & C.M. Mey.) را در مراتع استپی گرم، خلیج عمانی استان هرمزگان در طبقات ارتفاعی مختلف مورد مطالعه قرار داد و تاریخ وقوع مراحل پدیده‌شناسی را در دو منطقه به تغییرات درجه حرارت هوا و بارندگی در سال‌های مختلف نسبت داد. اندرسون و همکاران (۲) به بررسی تأثیر دما و بارندگی بر مراحل پدیده‌شناسی گلدهی، میوه‌دهی و برگ‌دهی ۷۹۷ پایه از ۳۸ گونه درختی در پارک ملی در غرب آفریقا پرداختند. آن‌ها اظهار کردند که وقوع چرخه‌های پدیده‌شناسی تا حد زیادی به نوسانات کوتاه‌مدت دما و بارندگی وابسته است.

جدول ۲- نتایج حاصل از بررسی پدیده‌شناسی درخت اقاقیا

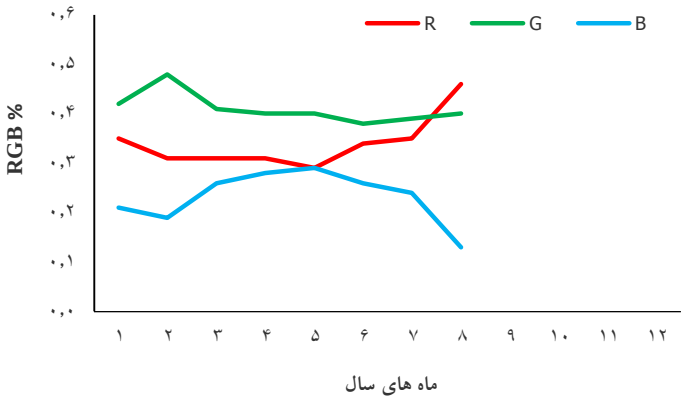
Table 2. Results of phenology of *Robinia pesudoacacia*

ماه‌های سال / مراحل رشد	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
رشد رویشی												
ظهور برگ												
ظهور غنچه												
گلدهی												
تشکیل میوه												
رسیدن میوه												
ریزش بذر												
خزان برگ												
ریزش برگ												
خواب گیاه												
مجموع بارش ماهانه (mm)	۱۵/۱	۴۰/۱۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۲/۳۰	۲۶/۶۰	۶/۶۱
میانگین دمای ماهانه (□)	۲۱/۱	۲۸/۶	۳۷/۹	۴۰/۶	۳۸/۹	۳۳/۳	۲۶/۴	۱۸	۶/۳	۶/۸	۸/۱	۱۷/۱
دمای حداقل (□)	۹/۷۴	۱۴/۵۱	۲۰/۳۵	۲۱/۸۹	۲۰/۸۸	۱۶/۶۱	۱۱/۹۶	۶/۵۸	-۰/۵۰	-۰/۱۶	۰/۹۰	۷/۴۸
دمای حداکثر (□)	۲۲/۷۶	۲۸/۱۲	۳۵/۱۹	۳۷/۳۹	۳۶/۱۳	۳۳/۴۵	۲۸/۹۲	۲۸/۹۲	۱۳/۸۳	۱۳/۸۳	۱۴/۳۷	۱۹/۲۶

جدول ۳- نتایج حاصل از کمّی کردن داده‌های فنولوژی درخت اقاقیا

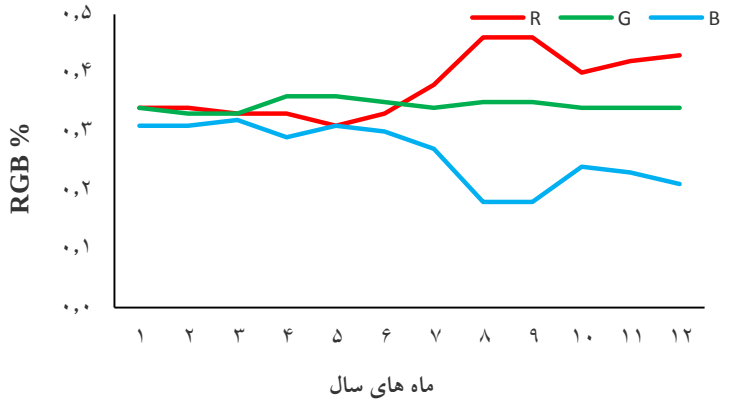
Table 3. Results of quantify phonological data of *Robinia pesudoacacia*

فصل	تاریخ	رنگ برگ	(R-G-B)	رنگ ساقه	(R-G-B)	رنگ میوه	(R-G-B)
بهار	فروردین		۱۳۰-۱۵۸-۷۰		۷۹-۱۲۲-۱۰۰		۱۳۶-۹۲-۵۹
	اردیبهشت		۱۲۵-۱۶۰-۷۰		۸۳-۱۲۰-۹۶		۱۳۶-۹۲-۵۹
	خرداد		۱۱۰-۱۶۴-۷۶		۹۵-۱۱۸-۹۰		۳۸-۷۰-۱۰۰
تابستان	تیر		۱۱۷-۱۶۹-۸۰		۹۵-۱۱۶-۹۶		۹۶-۷۱-۴۵
	مرداد		۸۸-۱۷۰-۱۲۰		۹۸-۱۱۰-۹۰		۱۳۳-۹۵-۴۶
	شهریور		۱۲۸-۱۵۰-۱۰۰		۱۰۰-۱۰۲-۸۱		۱۱۸-۸۵-۵۰
پاییز	مهر		۱۳۲-۱۴۷-۱۰۰		۷۶-۱۰۰-۱۰۷		۱۰۵-۸۲-۵۶
	آبان		۱۵۰-۱۴۰-۹۳		۱۱۳-۹۴-۷۲		۴۶-۸۶-۱۱۸
	آذر				۶۴-۹۰-۱۱۵		۶۰-۱۰۳-۱۳۴
زمستان	دی				۶۰-۸۳-۱۱۷		۵۱-۷۷-۱۰۹
	بهمن				۵۷-۸۰-۱۱۹		۳۸-۷۷-۱۱۴
	اسفند				۵۴-۷۶-۱۲۰		۴۹-۷۱-۹۸

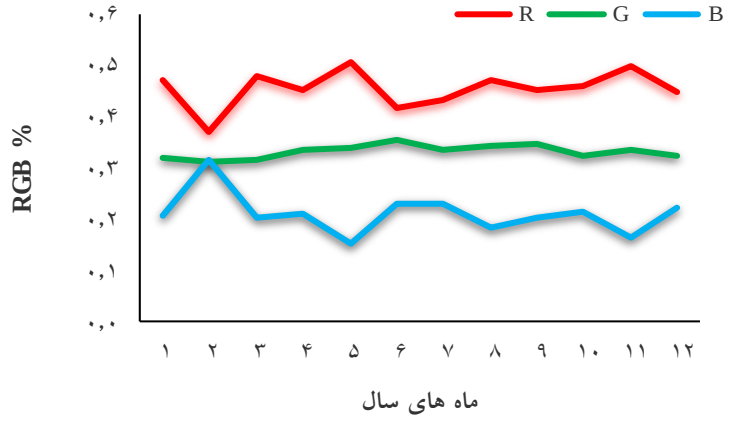


شکل ۲- تغییرات درصد RGB برگ درخت اقاقیا در طول سال

Figure 2. Changes of RGB% of leaf of *Robinia pesudoacacia* during year



شکل ۳- تغییرات درصد RGB ساقه درخت اقاقیا در طول سال
Figure 3. Changes of RGB% of stem of *Robinia pesudoacacia*



شکل ۴- تغییرات درصد RGB میوه درخت اقاقیا در طول سال
Figure 4. Changes of RGB % of fruit of *Robinia pesudoacacia* during year

جدول ۴- ضریب همبستگی (r^2) بین شاخص 2G-RB و متوسط دمای ماهانه
Table 4. Spearman correlation coefficient and mean monthly temprature

ضریب همبستگی (میوه)	Sig.	ضریب همبستگی (برگ)	Sig.	ضریب همبستگی (ساقه)	Sig.
-۰/۲۴	۰/۷	۰/۳۰	۰/۳	-۰/۸۰	۰/۰۰**

**: معنی‌داری در سطح ۱٪

جدول ۵- ضریب همبستگی (r^2) بین شاخص 2G-RB و مجموع بارش سالانه
Table 5. Spearman correlation coefficient and total monthly precipitation

ضریب همبستگی (میوه)	Sig.	ضریب همبستگی (برگ)	Sig.	ضریب همبستگی (ساقه)	Sig.
-۰/۴۸	۰/۱	۰/۴۶	۰/۲	۰/۴۰	۰/۱

هم‌چنین پارامترهای مربوط به دما تعیین کننده دوره‌های فنولوژیکی گیاه بوده و عبور از هر مرحله رشد گیاه و رسیدن به مرحله دیگر با توجه به درجه -روزهای رویشی و پارامترهای مربوط به دما مشخص می‌شود. درخت اقاقیا به‌ترتیب به ۳۱۸۰، ۵۵۶۹/۱۰، ۶۲۹/۷، ۱۱۵۳/۷۰، ۵۶۹/۶۰، ۱۴۷۴/۴۰، ۵۹۵۱/۹۰، ۶۵۳/۳۰، ۲۸۲/۷۰ و ۸۳۰/۹۰ درجه-روز رویشی برای مراحل رشد رویشی، ظهور برگ، ظهور غنچه، گلدهی، تشکیل میوه، رسیدن میوه، ریزش بذر، خزان برگ، ریزش برگ و خواب گیاه نیاز داشت (جدول ۶). مقدار واحد گرمایی (درجه-روز) معینی لازم است تا گیاه مورد نظر به مرحله‌ای از نمو وارد شود. بر همین اساس از درجه-روز رویشی برای پیش‌بینی تاریخ وقوع مراحل رویشی گیاهان استفاده می‌شود (۱). خاتم‌ساز (۱۰) پدیده‌شناسی درختان و درختچه‌های موجود در باغ گیاه‌شناسی نوشهر را بررسی نمود

و دمای هوا را در ظهور مراحل فنولوژی مؤثر دانست. صالحی و همکاران (۲۱) پدیده‌شناسی کاه‌مکی (*Cymbopogon alivieri* Boiss.) را جهت اصلاح و احیاء مراتع استپی گرم خوزستان مورد بررسی قرار داد، نتایج نشان داد که عوامل گوناگونی مانند درجه حرارت هوا در بروز مراحل پدیده‌شناسی مؤثرند.

جدول ۶- مجموع انرژی گرمایی مورد نیاز (GDD) درخت اقاقیا

Table 6. GDD of *Robinia pesudoacacia*

سال	۱۳۹۶	
مراحل پدیده‌شناسی	GDD (°C)	مدت (روز)
رشد رویشی	۳۱۸۰	۵۰
ظهور برگ	۵۵۶۹/۱۰	۸۰
ظهور غنچه	۶۲۹/۷	۲۰
گلدهی	۱۱۵۳/۷۰	۳۰
تشکیل میوه	۵۶۹/۶۰	۳۰
رسیدن میوه	۱۴۷۴/۴۰	۶۰
ریزش بذر	۵۹۵۱/۹۰	۲۱۰
خزان برگ	۶۵۳/۳۰	۶۰
ریزش برگ	۲۸۲/۷۰	۲۰
خواب گیاه	۸۳۰/۹۰	۹۰

مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای تعداد محدودی منبع گیاهی هستند. مهم‌ترین مشکل این مناطق این است که به‌دلیل اطلاعات کم در مورد ویژگی‌های مختلف این گیاهان و شرایط رویشگاهی آن‌ها، بخش زیادی از این گیاهان از بین می‌روند. این گونه‌ها به شرایط محیطی خود سازگارند و با مدیریت خردمندانه می‌توانند در یک محیط حمایت شده استفاده شوند. همان‌طور که زارع‌زاده و همکاران (۲۷) در تحقیقاتشان با بررسی فنولوژی و سازگاری ۲۰۶ گیاه کشت شده، درخت اقاقیا را جزء گونه‌های سازگار اعلام کردند.

پدیده‌شناسی علمی است که به کمک آن می‌توان تغییرات فصلی و مورفولوژیکی را در گیاهان بررسی نمود. از نتایج مطالعه حاضر می‌توان در مدیریت پایدار، حفظ، احیاء و توسعه جنگل‌ها استفاده نمود. از طرفی شناخت زمان وقوع جوانه‌زنی و دیگر مراحل رشد طولی در درختان پایه مادری و نهال‌های نهالستان در انتخاب و اصلاح نهال‌های سریع‌الرشدتر مؤثر می‌باشند. چرا که آغاز زودهنگام این مرحله احتمال تأثیر سوء سرمای دیررس را بر رشد ارتفاعی نهال افزایش می‌دهد. از سوی دیگر، شروع دیرهنگام این مرحله باعث می‌شود که فرصت مناسب برای رشد ارتفاعی نهال کم شود. با توجه به اهمیت پدیده‌شناسی در زمینه‌های مختلف، انتخاب بهترین روش برای ثبت رویدادهای پدیده‌شناختی اهمیت زیادی دارد که باید بر اساس مؤلفه‌هایی از جمله مقیاس منطقه، بازه زمانی، دقت کار، هزینه و غیره تعیین شود (۲۴). در صورتی‌که مطالعه حاضر با سال‌های مختلف مقایسه شود، تأثیر گرمایش جهانی در جلو افتادن این تحول قابل بررسی خواهد بود.

منابع

1. Alm, D.M., J.R. McGiffen and J.D. Hesketh. 1991. Weed phenology. In: Hodges, T. (Ed.), Predicting Crop Phenology. Boca Raton, FL, USA CRC Press, 191-218.
2. Anderson, D.P., E.V. Nordheim, T.C. Moermond, Z.B. Gone Bi and C. Boesch. 2005. Factors influencing tree phenology in Taï national park. Biotropica, 37(4): 631-640.
3. Burczyk, J., W. Chalupka. 1997. Flowering and cone production variability and its effects on parental balance in a Scots pine clonal seed orchard. Annals of Forest Science, 54(2): 129-144.
4. Ferraz, D.K. 1998. Phenology of tree species in an urban forest fragment in southeastern. Developing an international Phenology (a) Monitoring Network. Phonology symposium, 132-144.
5. Crimmins, M.A. and T.M. Crimmins, 2008. Monitoring plant phenology using digital repeat photography. Environmental Management, 41(6): 949-958.
6. Graham, E.A., E.C. Riordan, D. Yuen, E. M. Estrin and P.W. Rundel. 2010. Publicinternet-connectedcamerasusedasacross-continental ground-based plant phenology monitoring system. Global Change Biology, 16(11): 3014-3023.
7. Hashemi, S.A., M.M. Falah Chay and A. H. Firozan. 2011. Phenology monitoring of *Fagus orientalis* L. in natural forests using satellite data in north of Iran (Case study: 21 district of Guilan province). Journal of Biological Sciences, 5(4): 157-167 (In Persian).
8. Heide, O.M. 1993. Day length and thermal time responses of budburst during dormancy release in come northern deciduous trees. Plant Physiology, 88(4): 531-540.
9. Jafari, M. and A. Tavili. 2010. Restoration of arid and semi-arid areas. Tehran University Press. 396 pp (In Persian).
10. Khatamsaz, M. 1984. Phenology of native tree and shrubs of Noshahr Arboretum. Institute of Forest and Rangeland Research. Issue 32, 46 pp (In Persian).
11. Matinkhah, S.H. 2006. The study of phenology of thirty-five species of trees and shrubs in the city of Isfahan. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 4: 503-516 (In Persian).

12. Menzel, A., N. Estrella and P. Fabian. 2001. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from1951 to 1996. Global Change Biology, 7(6): 657-666.
13. Mohammadi, A., S.H. Matinkhah and S.J. Khajeh Din. 2014. Phylogenetic study of sheep (*Zygophyllum atriplicoides* Fisch. & C.M. Mey.) in Muteh, Isfahan province. Applied ecology, 3(10): 1-11. (In Persian)
14. Mozaffarian, V. 2004. Trees and shrubs of Iran. Contemporary Culture Press. Tehran. 661 p. (In Persian)
15. Mutke, S., J. Gorado, J. Climent and J. Gill. 2003. Shoot growth and phenology modeling of grafted Stone pine (*Pinus pinea* L.) in inner Spain. Annals of Forest Science, 60(6): 527-537.
16. Nagai, S., T. Maeda, M. Gamo, H. Muraoka, R. Suzuki and K.N. Nasahara. 2011. Using digital camera images to detect canopy condition of deciduous broad-leaved trees. Plant Ecology & Diversity, 4(1): 79-89.
17. Najafi Tireh Shabankareh, K. 2002. Phenological study *zygopyllum atriplicoides* Fisch. & C.M. Mey. in various relief regions of Hormozgan Province. Iranian Journal of Range and Desert Research, 11(1): 84-112.
18. Olson, D.F. 1974. *Robinia* L., locust. In: Schopmeyer CS, ed. Seeds of woody plants in the United States. USDA Agriculture Handbook, No. 450. Washington DC, USA: 728-731.
19. Richardson, A.D. and J.P. Jenkins. 2007. Use of digital webcam to track spring green-up in a deciduous broadleaf forest. Oecologia, 152(2): 323-334.
20. Saeidfar, M. 2000. Phenological study of rangeland plants in Semirom. Institute of Forestry and Rangelands of the Country, 231 pp (In Persian).
21. Salehi, H., H. Hoveizeh and S. Yosef nanaei. 2000. Native rangeland species phenology in steppe and semi staped area of Khuzestan province. Natural Resources and Animal Affairs Research Center of Khuzestan, Ahvaz.
22. Shahbazi, A. and S.H. Matinkhah. 2013. Monitoring phenology of *Ailanthus altissima* Mill (Swingle) in the Northwest Isfahan. Applied ecology, 4(2): 25-34.
23. Shahbazi, A., S.H. Matinkhah and H. Bashari. 2012. Evaluating a proposed quantitative method to record plants phenological stages in comparison with other approaches for Olive species (*Olea europaea* L.). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 19(4): 598-608.
24. Soltani, S. 2004. Muteh Wildlife Refuge Scheme. Volume 1& 2. Isfahan University of Technology, 220 pp (In Persian).
25. Soltanipur, M.A. 2004. Phonological study of *Salvia mirzayanii* Rech.f. & Esfand. Research and development in natural resources, 65: 34-38 (In Persian).
26. Zare, A. and A. Brain Teso. 2009. Study of the stages of bud opening and growth rate of *Pinus sylvestris* L. in different age groups. Forest and Poplar Research of Iran, 17(4): 500-511 (In Persian).
27. Zarezadeh, A., S.M. Mirvakili and M.R. Arabzadeh. 2007. Survey on phenology and acclimatization of medicinal plants species in Yazd province collection. Iranian Journal of Medical and Aromatic Plants, 23(2): 204-217 (In Persian).

Study of Phenological Changes in Black Locust using Descriptive Methods and Quantitative Analysis

Zahra Jafari[1] and Sayed Hamid Matinkhah[2]

1- Ph.D. of Range Science, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (Corresponding author: zahra.jafari1@na.iut.ac.ir)
2- Assistant Professor of Forestry, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
Received: December 17, 2018 Accepted: February 9, 2020

Abstract

Studying the phenological stages and determining their occurrence in different biological conditions is useful instrumental in restoring and selecting the bases in forestry. Therefore, descriptive method and quantitative analysis were used to study the phenology of Black Locust (*Robinia pesudoacacia* L.). In descriptive method, the phenomenological observations were recorded during the specified intervals and of the plant components were photographed during the growth season using color channels for the quantitative method. The color of the components of the plant was uniform using the Photoshop software, color channel digit and then the percentage of each color channel was determined. Pearson correlation coefficient was used to examine the correlation between temperature and precipitation with 2G-RB index in SPSS 22.0 software. The climatic characteristics were used to study the growing day-degree (GDD). The results showed that the vegetative growth of the plant begins early April and continues until early August. The leaves of the tree shed in late December, and goes to dormancy in three months of winter. The emergence of the bud was observed in late June and the flowering in mid- July. The fruits of the tree were formed at the end of August, and arrived mid-September until early November. The seeds of this tree were scattered from early September to early May. The significant correlation was only observed between the mean monthly temperature and color change of the plant stem and the tree required 3180, 5569.5, 629.7, 1153.7, 569.60, 1474.40, 5951.90, 653.30, 282.70 and 830.90 GDD for vegetative growth, leaf emergence, bud appearance, flowering, fruit formation, fruit ripening, seed loss, leaf fall, leaf loss and dormancy, respectively. Since the *R. pesudoacacia* is a suitable tree for cultivation in temperate cold and semi-arid regions, understanding its phenology will assist in biological restoration and green space development.

Keywords: Color channels, Growing Day-Dgree, Restoration, Phenology, *Robinia pesudoacacia*