

## مونیتورینگ فنولوژی راش ایرانی در جنگل‌های طبیعی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در شمال ایران (مطالعه موردی حوزه ۲۱ استان گیلان)

سید آرمین هاشمی\*<sup>۱</sup>، میر مظفر فلاح جای<sup>۲</sup>، امیر حسین فیروزان<sup>۳</sup>

\*<sup>۱</sup> و <sup>۲</sup> و <sup>۳</sup> - دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، دانشکده منابع طبیعی، گروه جنگلداری، لاهیجان، ایران، صندوق پستی: ۱۶۱۶

hashemi@liau.ac.ir

### چکیده

در این مطالعه فنولوژی گونه راش در سه محدوده ارتفاعی (۴۰۰ تا ۷۰۰ متر، ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ متر و ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ متر)، در دو جهت (شمالی و جنوبی) و در منطقه کوهستانی جنگلی واقع در حوزه ۲۱ استان گیلان مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع ۶ قطعه نمونه یک هکتاری انتخاب و در هر قطعه نمونه ۱۰۰ اصله درخت سالم علامتگذاری و در ماه‌های مختلف سال در دفعات متعدد مورد بازدید قرار گرفت و مشاهدات در جداول مربوط درج گردید. همچنین از تصاویر سنجنده IRS-LISSIII در طول دوره مطالعه استفاده گردید. پس از تصحیح هندسی با دقت کمتر از ۰/۵ پیکسل و تصحیح اتمسفری تصاویر با تولید شاخص NDVI مراحل فنولوژیک گونه راش ایرانی مورد پایش قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد ظهور برگ و گلدهی از هفته سوم فروردین تا هفته اول اردیبهشت، شروع ریزش برگ اوایل هفته چهارم آبان و پایان ریزش برگ اواخر هفته اول آذر می‌باشد. همچنین کلیه برداشت‌های فنولوژیکی پس از تبدیل به گذشت روز از سال مورد تجزیه قرار گرفتند نتایج نشان داد که کلیه سطوح مورد بررسی شامل سال، ارتفاع، جهت و گونه از لحاظ صفات فنولوژیکی مورد بررسی دارای اختلاف معنی داری با همدیگر بودند. حداکثر مقدار NDVI ۰/۶ در مرحله کامل شدن برگ و افزایش NDVI به مقدار ۰/۳۱ مرحله ظهور برگ و کاهش NDVI به مقدار ۰/۳۳ مرحله خزان برگ در گونه راش ایرانی را نشان می‌دهد.

**کلمات کلیدی:** راش، فنولوژی، NDVI، ظهور برگ، خزان.

## مقدمه

شناخت پدیده‌های حیاتی گونه راش ایرانی (*Fagus orientalis lispsy*) با توجه به اختلافات ارتفاعی و کوهستانی بودن استان و نیز نقش بسیار تعیین کننده این سه گونه درختی در ساختار جنگلی شمال کشور بسیار حائز اهمیت است.

فنولوژی یکی از مباحث عمده در علم اکولوژی است که در اصل از کلمه Phenomenology به معنی پدیده شناسایی گرفته شده است که Leithis در سال ۱۳۷۴ آنرا چنین تعریف کرده است: «فنولوژی علم مشاهده مراحل مختلف دوره زندگی و فعالیت‌های حیاتی گیاهان و جانور است که در مقاطع مختلف زمانی در طول سال اتفاق می‌افتد در واقع فنولوژی را می‌توان تقویمی از تاریخ زندگی گیاهان دانست که می‌توان از این طریق تغییرات فصلی، توپوگرافی و مورفولوژیکی را در گیاهان مورد بررسی قرار داد. فنولوژی در علوم مختلف استفاده‌های گوناگونی دارد، در پرورش زنبور عسل جهت تعیین زمان انتقال زنبورها به طبیعت، در پزشکی برای تشخیص دوره‌های عوامل آلرژی زا، در مرتفع برای تعیین زمان ورود دام به مراتع و تعیین فصل چرا و در جنگل نیز در اجرای طرح‌های جنگلداری، جنگلکاری، تجدیدی حیات طبیعی، تعیین زمان مناسب جمع آوری بذر و اجرای برش‌های بذر افشانی، عقیم کردن درختان نامرغوب و مبارزه با آفات جنگلی کاربرد دارد. نظر به اهمیت این علم مطالعات مختلفی در این زمینه انجام گرفته است.

بنوان و همکاران (۱) فنولوژی ۱۱ گونه مرتعی بومی و غیر بومی را در سال ۱۳۴۷ در ایستگاه مرتع همد آسرد به مدت ۳ سال مورد مطالعه قرار داده و چنین نتیجه گرفته‌اند که گونه‌های خارجی زودتر از

گونه‌های بومی دوره رشد رویشی خود را آغاز نموده و زودتر از آن‌ها به پایان دوره رشد خود می‌رسند.

خاتمساز (۲) فنولوژی درختان و درختچه های آربورتوم نوشهر را به مدت 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 جوانه زنی، ظهور برگ، ظهور غنچه، ظهور گل و غیره تعیین گردید.

Ferraz (۵) 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، میوه دهی، جوانه زنی و خزان برگ مورد مطالعه قرار داده و یک ضریب همبستگی چند گانه 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.

O'keefe (۸) فنولوژی ۳۳ گونه چوبی را در جنگل‌های هاروارد از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۷ میلادی از لحاظ شکفتن جوانه، روند کامل شدن برگ، گلدهی و میوهی مورد مطالعه قرار داده و تفاوت‌هایی میان گونه‌ها از لحاظ پدیده‌های فنولوژیکی گزارش کرده است. برای نمونه در خصوص جوانه زنی گونه‌ها یک دامنه اختلاف ۱/۵ تا ۲/۵ هفته را بدست آورده است به طوری که در سال‌های ۱۹۹۱ و ۱۹۹۳ کمترین اختلاف و در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۷ بیشترین اختلاف زمانی دیده شده است.

### مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در سطح مناطق جنگلی استان گیلان در شهرستان رشت انجام گرفته است. به طوری که در مجموع ۶ قطعه نمونه یک هکتاری مربع شکل در ارتفاعات مختلف انتخاب گردید که شکل شماره یک موقعیت قطعات نمونه مورد بررسی را نشان می‌دهد.

مطالعات فنولوژیکی طی چهار سال از سال ۱۳۸۶ تا پایان سال ۱۳۸۸ در مورد گونه درختی راش (*Fagus orientalis Liscky*) انجام گرفت. این بررسی در منطقه جنگلی در ارتفاعات شهران در جهات جنوبی و شمالی انجام گردید. به طوری که در مجموع در سه محدوده ارتفاعی ۴۰۰ تا ۷۰۰، ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ که در متر بالاتر از سطح دریا (که در توده‌های خالص راش قرار داشته باشند) و دو جهت شمالی و جنوبی، ۶ قطعه نمونه، در یک هکتاری انتخاب و در هر کدام از قطعات نمونه ۱۰۰ اصله درخت انتخاب گردید. نمونه قطعات انتخاب شده است.

در انتخاب قطعات نمونه و درختان سعی شد تا موارد زیر در نظر گرفته شود:

۱. قطعات نمونه تا حد امکان به سهولت قابل دسترسی و نزدیک جاده‌های اصلی باشد.
۲. قطعات نمونه تا حد امکان در مناطقی انتخاب شوند که کمتر در معرض دخالت انسان و دام واقع شده باشند.
۳. درون قطعات نمونه درختانی انتخاب شوند که از قطره‌های متفاوت، سالم، خوش فرم و بدون هیچ گونه علائم بیماری یا آفات باشند.

کلیه درختان در نظر گرفته شده در قطعات نمونه با علائم خاص شماره‌گذاری و بر روی درختان نصب

Cesaraccio و Spano (۹) در سال‌های ۹۶-

۱۹۸۶ مطالعات فیزیولوژیکی ۹ گونه طبیعی را در باغ تحقیقات فنولوژیکی Oristano در کشور ایتالیا مورد بررسی قرار دادند. در این بررسی روابط پیچیده‌ای بین زمان وقوع پدیده‌های فنولوژیکی و حالات آب و هوایی نظیر درجه حرارت و تغییرات آب و هوایی مشاهده گردید و نتیجه‌گیری شد که در اکوسیستم مدیترانه تغییرات آبی نقش مهم و تعیین کننده‌ای در توسعه پدیده‌های فنولوژیکی دارند.

Thomas و Petterson (۱۰) در پژوهشی تحت عنوان «ثبت بیست سال پدیده‌های حیاتی گلدهی و برگریزی برای درختان و درختچه‌های ماساچوست مرکزی» ۲۸ درخت و درختچه چوبی را مورد بررسی قرار داده و مشاهده کرده‌اند که دامنه اختلاف در خصوص جوانه زنی کمتر از ۱۱ روز و در خصوص گلدهی بیشتر از ۳۰ روز بوده است.

Orozco و Camacho (۳) فنولوژی ۱۶۰

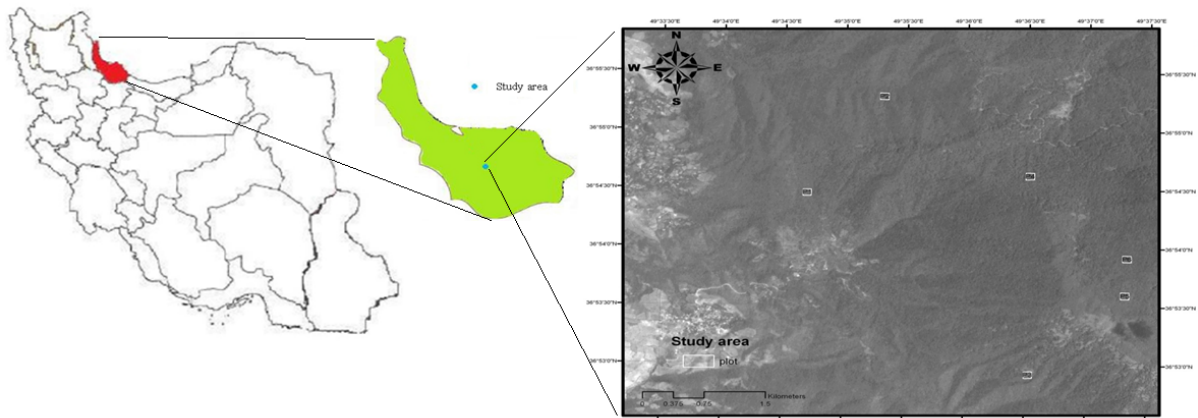
درخت از ۱۲ گونه را در جنگل‌های کوهستانی کاستاریکا به صورت ماهیانه به مدت ۴۹ ماه مورد ارزیابی قرار داده و در آن مراحل فنولوژیکی گلدهی، میوه دهی و برگدهی (جوانی زنی و خزان) را مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که گلدهی از ماه نوامبر تا ماه می ادامه دارد و تا پایان فصل بارندگی و در طول دوره خشکی ادامه داشته است. میوه دهی سه گونه به صورت همیشگی، در دو گونه به صورت سالیانه و برای هفت گونه دیگر به صورت چند ساله بوده است. بیشتر محصول میوه در پایان فصل خشکی و در طول ماه اول فصل بارندگی بوده است.

شد. سپس این داده‌ها بر اساس سال، جهت و گونه دسته‌بندی و مورد تجزیه و تحلیلی قرار گرفتند. مطالعات گسترده این نشان داده است که بیشترین افزایش و کاهش در مقدار DNVI نشان دهنده شروع فصل رسیدن یا پایان فصل رشد است. در ابتدا بیشترین تغییر ایجاد شده در NDVI در شروع رشد و خزان در منحنی NDVI از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ تعیین گردید. NDVI یک شاخص حساس به فعالیت‌های زیستی گیاهی می‌باشد و مطالعات زیادی برای ارتباط NDVI با رویدادهای فنولوژیکی صورت گرفته است. در نمونه پلات‌های تعیین شده میانگین NDVI از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ محاسبه گردید و منحنی میانگین تغییرات NDVI در طول دوره مشخص گردید. شاخص NDVI در داده‌های IRS-LissIII از رابطه یک محاسبه گردید.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

در این رابطه NIR باند شماره ۳ سنجنده LissIII در محدوده طیف الکترو مغناطیسی با طول موج ۷۷۰ تا ۸۶۰ نانومتر و R باند شماره ۲ سنجنده LissIII در محدوده طیف الکترو مغناطیسی با طول موج ۶۲۰ تا ۶۷۰ نانومتر می‌باشد. تصاویر سنجنده LissIII با دقت هندسی کمتر از ۰/۵ پیکسل مورد تصحیح هندسی قرار گرفته و با استفاده از روش کسر عنصر پیکسل تاریک تصحیحات اتمسفری بر روی آن‌ها اعمال گردیده است.

گردید. از این درختان به طور مرتب و با فواصل ۷ تا ۱۰ روز در طول ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، مرداد، شهریور، مهر، آبان و آذر بازدید به عمل آمد و اطلاعات لازم مطابق فرم‌های مخصوص تکمیل و ثبت گردید. در پایان هر سال اطلاعات جمع آوری شده دسته‌بندی و در نهایت تاریخ شروع و پایان بروز هر پدیده فنولوژیکی به تفکیک سال مشخص گردید، به طوری که در پایان مدت اجرای طرح به طور جداگانه دامنه ظهور پدیده‌های فنولوژیکی مشخص شد. در کنار آن اطلاعات اقلیمی مورد نیاز از قبیل میزان بارندگی ماهانه و حداقل، حداکثر و میانگین دمای ماهانه و حداقل و حداکثر رطوبت ماهانه برای هر سال جمع آوری و در نهایت میانگین اطلاعات مؤلفه‌های اقلیمی ذکر شده برای چهار سال اجرای مطالعه و مشخص گردید. به منظور بررسی دمایی از تروموهیدرومتر دیجیتالی نصب شده در هر نمونه پلات به منظور بررسی دمایی استفاده گردید. آمار و اطلاعات جمع آوری شده با کمک رایانه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند، به طوری که ابتدا کلیه برداشت‌های فنولوژیکی انجام گرفته به گذشت روز از سال تبدیل گردید. یعنی روز اول فروردین ماه به عنوان پایه در نظر گرفته شد و بقیه روزها به نسبت آن محاسبه گردیدند. به عنوان مثال عدد مربوط به تاریخ ۱۵ اردیبهشت ماه به صورت ۴۶ (۳۱+۱۵) در نظر گرفته



شکل ۱: موقعیت منطقه و پراکنش پلات‌های مورد مطالعه در شمال کشور

## نتایج

زمان بروز پدیده فنولوژیکی در گونه مورد بررسی در جدول ۵ نشان داده شده است. همان طوری که ملاحظه می‌شود این زمان در مناطق ارتفاعات و جهات مختلف با همدیگر فرق می‌کند.

جدول ۱ توصیفی کلی از زمان ظهور پدیده‌های فنولوژیکی را در کل درختان مورد بررسی در

ارتفاعات، جهات و سال‌های متفاوت نشان می‌دهد. چنانچه این جدول نشان می‌دهد میانگین روزهای تا باز شدن برگ، کامل شدن برگ، ریزش میوه، ریزش برگ در راش به ترتیب برابر هفتم فروردین، ششم اردیبهشت، هیجدهم آبانماه و بیست و چهارم آبان ماه می‌باشد.

جدول ۱: آمار توصیفی زمان بروز پدیده‌های فنولوژیکی در گونه راش

راش				پدیده فنولوژیکی	ردیف
میانگین (روز از سال)	دامنه (روز)	حداکثر (روز از سال)	حداقل (روز از سال)		
۱۵	۱۰	۲۰	۱۰	باز شدن برگ	۱
۳۷	۳۶	۵۵	۲۰	کامل شدن برگ	۲
۲۳۵	۳۵	۲۵۶	۲۲۱	ریزش میوه	۳
۲۴۰	۴۹	۲۶۶	۲۱۷	ریزش برگ	۴

زمان تا باز شدن برگ، کامل شدن برگ، ریزش میوه و ریزش برگ در سطح احتمال ۱٪ اختلافات معنی‌داری مشاهده گردید. این مسأله بیانگر تنوع بسیار زیاد در خصوص صفات فنولوژیکی در سال‌های مختلف (۸۸-۱۳۸۶)، ارتفاعات مختلف (دامنه‌های ۴۰۰ تا ۷۰۰،

نتایج تجزیه واریانس میان پدیده‌های فنولوژیکی مورد بررسی در جدول ۲ آورده شده است. چنانچه این جدول نشان می‌دهد میان سطوح مختلف مورد مطالعه بیشتر عوامل مورد بررسی در این طرح شامل سال، ارتفاع، جهت از لحاظ کلیه صفات مورد بررسی شامل

۷۰۰ تا ۱۰۰۰، ۱۰۰۰ تا ۱۳۰۰ متر) و جهات متفاوت (شمالی و جنوبی) می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که صفات فنولوژیکی در گونه مورد بررسی به شدت تحت تأثیر عوامل اقلیمی و محیطی قرار دارند (جدول ۲).

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گونه راش

ریزش برگ				ریزش میوه				کامل شدن برگ				باز شدن برگ				صفات
F	MS	SS	DF	F	MS	SS	DF	F	MS	SS	DF	F	MS	SS	DF	
۲۶/۰۴**	۱۷۸۷/۱۸	۷۱۴۸/۷۳	۴	۷۱/۴۱**	۸۳۲/۱۳	۳۳۲۸/۵۲	۴	۶/۰۶**	۶۳/۹۶	۲۵۵/۵۵	۴	۸/۱۰**	۹۲/۲۱	۱۷۷۶/۱۷	۴	سال
۴/۱۷**	۲۸۶/۳۶	۲۵۷/۳۸	۹	۲۱/۷۴**	۲۵۳/۳۳	۲۳۷۹/۹۴	۹	۲۱/۱۰**	۲۲۴/۲۲	۲۰۱۸/۰۰	۹	۱۸/۹۲**	۲۱۵/۴۹	۱۹۳۹/۴۰	۹	ارتفاع
۳/۵۱**	۲۴۰/۶۷	۳۳۶۹/۳۵	۱۴	۶/۹۹**	۸۱/۴۳	۱۱۴/۰۶	۱۴	۱/۹۸*	۲۱/۰۲	۲۹۴/۳۲	۱۴	۱/۴۹NS	۱۶/۴۷	۲۳۰/۵۵	۱۴	جهت
.....	۶۸/۶۳	۹۶۷۶/۶۷	۱۴۱	.....	۱۱/۶۵	۱۶۴۲/۹۵	۱۴۱	.....	۱۰/۶۳	۱۴۹۸/۶۳	۱۴۱	.....	۱۱/۳۹	۱۶۰۵/۵۵	۱۴۱	خطا
.....	.....	۲۲۸۴۱/۳۵	۱۶۹	.....	.....	۸۴۱۶/۳۸	۱۶۹	.....	.....	۴۴۳۰/۲۲	۱۶۹	.....	.....	۴۶۲/۵۸	۱۶۹	کل

\*\* : معنی دار در سطح ۱٪ - \* : معنی دار در سطح ۵٪ - NS : غیر معنی دار

درختان به صورت چشمگیری زودتر از سال‌های دیگر آغاز شده و در سال ۱۳۸۶ این پدیده دیرتر از دیگر سال‌ها اتفاق افتاده است. سایر نتایج نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع از سطح دریا ظهور برخی از پدیده‌های فنولوژی نظیر باز شدن برگ و گل و کامل شدن برگ دیرتر و ریزش برگ زودتر اتفاق می‌افتد (جدول ۴).

جدول‌های ۳ تا ۵ به ترتیب مقایسه میانگین صفات مورد بررسی را در سال‌ها، ارتفاعات و جهات مورد بررسی نشان می‌دهد. در خصوص سال‌های مورد بررسی نیز تفاوت‌های معنی‌داری میان ظهور پدیده‌های حیاتی دیده می‌شود، به طوری که در سال ۱۳۸۸ به دلیل مساعدتر بودن شرایط آب و هوایی رویش

همچنین نشان داده شده است که فقط در سه مؤلفه قطر، ریزش میوه و ریزش برگ تفاوت معنی‌داری میان جهات مورد بررسی دیده شده است. به طوری که میانگین قطر درختان در جهت جنوبی بیشتر از شمالی و ریزش میوه و برگ در جهات شمالی زودتر صورت گرفته است (جدول ۵).

جدول ۳: مقایسه میانگین ظهور پدیده‌های فنولوژیکی سال‌های مورد بررسی در گونه راش

ردیف	سال	باز شدن برگ (روز)	کامل شدن برگ (روز)	ریزش میوه (روز)	ریزش برگ (روز)
۱	۱۳۸۶	۳۲ a	۳۹ b	۲۳۶ a	۲۴۶ a
۲	۱۳۸۷	۳۰ b	۳۹ b	۲۲۹ c	۲۳۳ c
۳	۱۳۸۸	۲۰ c	۳۰ c	۲۳۶ a	۲۳۷ b

میانگین با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند.

جدول ۴: مقایسه میانگین قطر درختان و ظهور پدیده‌های فنولوژیکی ارتفاعات مورد بررسی در گونه راش

ردیف	دامنه ارتفاعی (متر)	قطر (سانتی‌متر)	باز شدن برگ (روز)	کامل شدن برگ (روز)	ریزش میوه (روز)	ریزش برگ (روز)
۱	۴۰۰-۷۰۰	۱۸/۸ a	۲۲ a	۳۱ b	۲۳۴ a	۲۴۵ a
۲	۷۰۰-۱۰۰۰	۱۵/۹ b	۲۸ b	۳۷ b	۲۳۶ c	۲۴۰ c
۳	۱۰۰۰-۱۳۰۰	۹/۷ c	۲۹ a	۴۰ c	۲۳۳ a	۲۳۸ b

میانگین با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند.

جدول ۵: مقایسه میانگین قطر درختان و ظهور پدیده‌های فنولوژیکی جهات مورد بررسی

ردیف	جهت	قطر (سانتی‌متر)	ریزش میوه (روز)	ریزش برگ (روز)
۱	جنوبی	۲۶/۱ a	۲۳۶ a	۲۴۲ a
۲	شمالی	۲۲/۴ b	۲۳۳ b	۲۳۹ b

میانگین با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند.

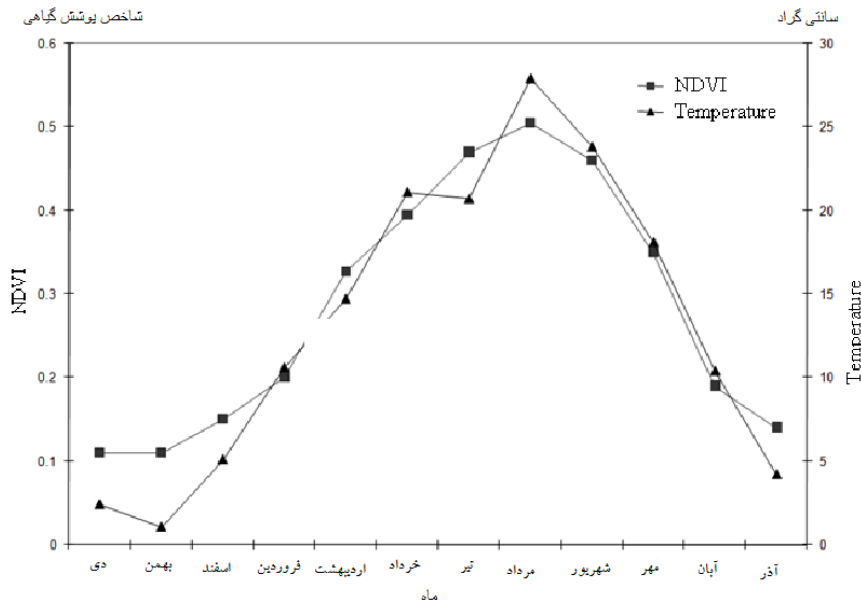
و به ویژه میزان بارندگی و متوسط درجه حرارت بر روی پدیده‌های مختلف فنولوژیکی می‌باشد. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود میزان بارندگی و متوسط درجه حرارت همبستگی منفی و معنی‌داری با

جدول ۶ ماتریس همبستگی بین صفات مورد بررسی و نیز عوامل اقلیمی نظیر بارندگی، حداقل، حداکثر و متوسط دمای ماهیانه نشان می‌دهد. آنچه که بیشتر در علم فنولوژی اهمیت دارد تأثیر عوامل اقلیمی

نشان دهنده رویش و اوایل آذرماه خزان در گونه راش در پلات‌های تعیین شده صورت گرفته است. مقدار NDVI در فصل بهار ۰/۲۱ نشان دهنده شروع رویش در برگ درختان راش است و مقدار NDVI در فصل پاییز برابر ۰/۱۸ است که نشان دهنده خزان درختان راش در پلات‌های تعیین شده می‌باشد. بیشترین افزایش NDVI در بین ماه‌های فروردین تا اردیبهشت (۰/۳۱) و بیشترین کاهش NDVI در بین ماه‌های مهر تا آبان می‌باشد (۰/۳۳) روند منحنی میانگین NDVI به صورت قله دره‌ای می‌باشد که از اوایل فصل رشد که تا تابستان افزایش شدید و از اواخر تابستان تا اواخر فصل پاییز روند نزولی را طی می‌کند (شکل ۲).

ظهور برگ دارد. یعنی با افزایش میزان بارندگی و متوسط درجه حرارت ظهور برگ زودتر شروع می‌گردد. همبستگی میان میزان بارندگی با ریزش میوه نیز معنی‌دار ولی مثبت بود، یعنی هر چه میزان بارندگی بیشتر باشد ریزش میوه دیرتر و با تأخیر انجام خواهد شد. همبستگی میان میزان بارندگی با ریزش برگ، زمان تا کامل شدن برگ نیز معنی‌دار نبود. همبستگی میان متوسط درجه حرارت با زمان تا کامل شدن برگ، ریزش برگ، ریزش میوه نیز منفی و معنی‌دار است. بدین ترتیب که با افزایش درجه حرارت زمان تا کامل شدن برگ، ریزش برگ و ریزش میوه زودتر آغاز می‌گردد.

شکل ۲ تغییرات میانگین NDVI در ۲ از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ نشان داده شده است. اواخر فروردین



شکل ۲: تغییرات منحنی NDVI در پلات‌های راش

عوامل اقلیمی و ادفیکی بسیار مؤثرتر می‌باشند، به طوری که شروع مراحل رشد درختان تحت تأثیر مستقیم دو عامل دمای هوا و بارندگی می‌باشد. از طرفی

## بحث

ظهور مراحل مختلف فنولوژیکی در درختان به عوامل مختلفی بستگی دارد که از میان آن‌ها نقش



با توجه به اینکه ارتفاع از سطح دریا تحت تأثیر عوامل اقلیمی است، این عوامل بر روی ظهور پدیده‌های فنولوژیکی نقش اساسی دارد. این امر در تحقیق حاضر و نیز سایر تحقیقاتی که به صورت میدانی و در ارتفاعات مختلف صورت گرفته به اثبات رسیده است (۹). به طوری که در بررسی حاضر نیز مشخص شد که از میان عوامل مورد بررسی ارتفاع از سطح دریا در تقدم و تاخر ظهور پدیده‌های فنولوژیکی نقش بارزتری از سایر عوامل داشت، بدین معنی که پدیده‌هایی نظیر

جوانه زنی، کامل شدن برگ با افزایش ارتفاع از سطح دریا با تأخیر صورت گرفته و برعکس عواملی نظیر ریزش میوه و به ویژه ریزش برگ با افزایش ارتفاع از سطح دریا زودتر صورت می‌گیرد. زمان ظهور پدیده‌های فنولوژیکی در گونه راش بسته به عواملی نظیر موقعیت محل و شرایط آب و هوایی معمولاً حدود یک تا دو هفته تأخیر دارد اما به دلیل طول دوره سرمای بیشتر ظهور پدیده‌های حیاتی در گونه برودار دیرتر از گونه‌های تحت بررسی در شمال کشور آغاز می‌شود.

جدول ۶: ماتریس همبستگی صفات مورد بررسی و عوامل اقلیمی جمع آوری شده در طول مدت اجرای طرح

متوسط درجه حرارت	حداکثر درجه حرارت	حداقل درجه حرارت	حداکثر رطوبت	حداقل رطوبت	بارندگی	ریزش میوه	ریزش برگ	کامل شدن برگ	باز شدن برگ	قطر	صفت
										-۰/۱۲۵**	باز شدن برگ
									۰/۸۹۶**	-۰/۱۴۶**	کامل شدن برگ
								۰/۰۶۰ns	۰/۰۸۶*	-۰/۰۰۵ns	ریزش برگ
							۰/۳۰۳**	۰/۰۲۶ns	-۰/۰۲۴ns	-۰/۰۴۲ns	ریزش میوه
						۰/۳۲۰**	۰/۰۶۶ns	-۰/۰۳۴ns	-۰/۲۷۱**	۰/۱۱۹**	بارندگی
					۰/۳۷۶**	۰/۴۵۱**	۰/۳۰۶**	۰/۳۹۹**	۰/۲۸۵**	-۰/۰۸۲*	حداقل رطوبت
				-۰/۱۹۳**	۰/۲۱۸**	-۰/۰۱۶ns	-۰/۰۵۹ns	۰/۱۸۱**	۰/۲۳۰**	۰/۱۸۵**	حداکثر رطوبت
			-۰/۷۲۸**	۰/۱۷۷**	۰/۰۸۰*	۰/۱۸۳*	-۰/۲۰۲**	۰/۰۰۳ns	-۰/۱۴۵**	-۰/۱۲۵**	حداقل درجه حرارت
		-۰/۱۱۸**	۰/۵۹۰**	-۰/۵۲۴**	۰/۴۷۱**	-۰/۱۳۶ns	-۰/۲۱۸**	/۱۸۰**	-۰/۲۶۳**	۰/۱۸۱**	حداکثر درجه حرارت
۰/۶۵۳**	۰/۶۷۵**	-۰/۱۲۵**	-۰/۲۵۴**	۰/۴۱۱**	-۰/۲۱۹**	-۰/۳۱۴**	-۰/۱۳۱**	-۰/۳۰۶**	۰/۰۳۹ns		متوسط درجه حرارت

\*\* : معنی دار در سطح ۱٪ - \* : معنی دار در سطح ۵٪ - ns : غیر معنی دار

امر با تأخیر انجام خواهد شد. در تعدادی از درختان این گونه برگ‌ها کاملاً خشک و زرد شده، ولی در پاییز خزان نمی‌نمایند و تا دی ماه برگ‌ها به حالت خشک بر روی شاخه باقی می‌مانند. همچنین ریزش برگ در جهت شمالی زودتر از جهت جنوبی و در سال ۱۳۸۸ به دلیل پایین‌تر بودن حداکثر درجه حرارت زودتر از سایر سال‌ها آغاز شده است.

باید توجه داشت که بیماری‌ها، رقابت، عوامل خاکی و شرایط آب و هوایی از عوامل تاثیر گذار وضعیت مراحل فنولوژیکی گیاه می‌باشد از بین عوامل فوق شرایط آب و هوایی مهمترین عامل در افزایش طول فصل رشد در گیاهان می‌باشد (۷). تلاش‌هایی برای ارتباط بین شاخص NDVI با بررسی فنولوژیکی گیاهان صورت گرفته است (۱۱). بیشترین افزایش مشاهده شده در NDVI و بررسی زمینی پلات‌ها نشان می‌دهد که درختان در مرحله فنولوژیکی رشد و رویش برگ قرار دارند و بیشترین کاهش مشاهده شده در NDVI و بررسی زمینی در پلات‌های مشخص شده در منطقه نشان دهنده خالی شدن تاج درختان از برگ و پایان خزان درختان است. در مطالعات صورت گرفته توسط کارلسن در سال ۲۰۰۷ که با استفاده و بررسی NDVI در جنگل‌های پهن برگ خزان کننده صورت گرفته است نیز نشان دادند که بیشترین افزایش درمنحنی NDVI نشان دهنده رشد برگ و بیشترین کاهش در منحنی NDVI نشان دهنده پایان فصل رشد است (۶).

در فصل تابستان بیشترین مقدار شاخص NDVI در پلات‌ها ثبت گردید در این فصل با بررسی زمینی در پلات‌ها مرحله فنولوژیکی کامل شدن رشد برگ مشاهده گردید. مقادیر بالای NDVI نشان دهنده

در این بررسی شروع رویش درختان و باز شدن برگ در سال ۱۳۸۸ با میانگین اختلاف زمانی ۹ تا ۱۲ روزه نسبت به سایر سال‌های مورد بررسی زودتر آغاز شده که دلیل این امر بالاتر بودن میانگین درجه حرارت در فروردین ماه این سال نسبت سال‌های دیگر بوده است. گلدهی در درختان مورد بررسی در کل در فصل بهار و به طور عمده از اواسط فروردین ماه تا اواسط اردیبهشت ادامه داشته است. به طور کلی با توجه به نتایج بدست آمده تفسیر ظهور پدیده‌های فنولوژیکی درختان مورد بررسی به شرح زیر می‌باشد:

باز شدن برگ در این گونه به طور عمده از ابتدای هفته دوم فروردین شروع می‌گردد. چنانچه جدول‌های ۳ تا ۵ نیز نشان می‌دهند تأثیر جهت (شمالی و جنوبی) در این اختلاف زمانی معنی‌دار نبوده و عمده تغییرات در سال و دامنه‌های ارتفاعی متفاوت مشاهده شده است، به طوری که باز شدن برگ در سال ۱۳۸۸ زودتر از سال‌های دیگر آغاز شده که این امر به دلیل شرایط آب و هوایی مطلوب‌تر این سال نسبت به سال‌های دیگر می‌باشد. با افزایش ارتفاع از سطح دریا نیز باز شدن برگ با تأخیر انجام می‌شود.

برگ‌ها در این گونه در صورت مساعد بودن شرایط محیطی و عدم سرمای دیر رس بهاره معمولاً ۱۵ تا ۲۰ روز پس از ظهور کامل می‌شوند. به طوری که این مدت در دامنه‌های ارتفاعی متفاوت از اواسط هفته اول اردیبهشت آغاز و تا اواخر هفته سوم اردیبهشت ادامه پیدا می‌کند.

برگ‌ها در این گونه از اوایل هفته چهارم آبانماه شروع به خزان نموده و تا پایان هفته اول آذر و گاهی تا پایان نیمه اول آذر نیز ادامه می‌کند. ریزش برگ در ارتفاعات بالاتر زودتر آغاز شده و با کاهش ارتفاع این

- terrain gradient in Taiwan's Kenting National Park. *Botanical Studies* 48: 71-77pp.
5. Ferraz, D.K., 1998. Phenology of tree species in a urban forest fragment in southeastern. Developing an international Phenology (a) Monitoring Network. 1998 Phenology symposium, pp.132-144.
  6. Karlsen, S.R.; Tolvane, A. and Kubin, E., 2007. Modis-NDVI based mapping of the length of the growing season in north fennoscandia. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*.10:253-266pp.
  7. Menzel, A.; Estrella, N. and Fabian, P., 2001. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951 to 1996. *Global Change Biology*, 7: 657-666.
  8. O'Keefe, J.F., 1998. Woody species Phenology 1990-1997 at Harvard forest. Petersham, MA. Developing an international Phenology (a) Monitoring Network. Phenology symposium, pp 86-92.
  9. Spano, D. and Cesaraccio, C., 1998. Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. Developing an international Phenology symposium.
  10. Thomas, A.W. and Petterson, W.A., 1998. Twenty- year record of flowering and leaf – out Phenology for trees and shrubs in central Massachusetts, Developing an international Phenology (a) Monitoring Network. Phenology symposium, pp 54-61.
  11. White, M.A.; Thornton, P.E. and Running, S.W., 1997. A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability. *Global Biogeochemical Cycles*, 11, 217–234pp.

تراکم زیاد پوشش گیاهی و کلروفیل گیاهی در برگ درختان می‌باشد (۴). بررسی رابطه بین فنولوژی و آب و هوا به فهم مکانیزم واکنش‌های پوشش گیاهی در برابر تغییرات آب و هوایی کمک می‌کند و امکان پیش‌بینی‌های دقیق‌تر درباره تأثیرات تغییر پذیری آب و هوایی بر فنولوژی را باعث می‌شود.

### سپاسگزاری

با تشکر از اداره منابع طبیعی استان گیلان که در انجام این تحقیق یاری رساندند.

### منابع

۱. بنوان، م.؛ مصداقی، م. و ملک، ع.، ۱۳۵۲. فنولوژی نباتات مرتعی بومی و بیگانه در منطقه نیمه استپی همدان آبرسد. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. نشریه شماره ۴۸. ۱۳ صفحه.
۲. خاتمساز، م.، ۱۳۶۳. فنولوژی درختان و درختچه‌های بومی و زینتی آربوتوم نوشهر. انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. نشریه شماره ۴۶. ۳۲ صفحه.
3. Camacho, M. and Orozco, L., 1998. Reproductive phenology of the oak family (Fagaceae) in the lowland in forests of Borneo. Proyecto silvicultura Bosques Naturales, CATIE, Turrialba, costa Rica, pp 68-76.
4. Chen, J.C.; Yang, C.M. and Wu, S.T., 2004. Leaf chlorophyll content and surface spectral reflectance of tree species along a