پژوهش‌های آبخیزداری شماره ۸۹، زمستان ۱۳۸۹
(پژوهش و سازندگی)

تعیین فنولوژی گونه *Bromus tomentellus* با استفاده از روش درجه–روز رشد

• **حسین آذرنیوند**، دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
• **مصطفی ترکش اصفهانی**، عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
• **مهدی بصیری**، عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان
• **مصطفی سعیدفر**، عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان اصفهان
• **محمدعلی زارع چاهوکی**، استادیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: آذر ماه ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: شهریور ماه ۱۳۸۸
تلفن تماس: ۰۲۶۱-۲۲۲۳۰۴۴
Email: hazar@ut.ac.ir

چکیده

در کشاورزی به‌طور معمول از درجه روز رشد تجمعی به منظور پیش‌بینی نمو محصولات، طبقه‌بندی گونه‌ها و هیبریدها از نظر تاریخ رسیدن محصول و ارزیابی اقلیم منطقه برای تعیین شایستگی محصول استفاده می‌شود، اما رابطه بین درجه روز رشد تجمعی و نمو فنولوژیکی گونه‌های مرتعی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این فرضیه که نمو فنولوژیکی گونه‌ها در ارتباط با درجه روز رشد تجمعی است و ارتباط مذکور در تمام محیط‌ها مقداری ثابت است، در این تحقیق مورد آزمایش قرار گرفته است. این پژوهش در دو ایستگاه شهید حمزوی و سد زاینده‌رود بر روی گونه *Bromus tomentellus* انجام شده است. یکی از مهمترین گام‌ها در طراحی سیستم درجه-روز رشد، تعیین درجه حرارت پایه است. بدین منظور بذر گیاهان در محیطی کنترل شده در درجه حرارتی ثابت (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و فتوپریودی ثابت کشت شد و سرعت نمو به‌صورت تابعی از درجه حرارت تعیین گردید. بهترین خط حاکم بین درجه حرارت و سرعت نمو برازش شده و نقطه‌ای از خط مذکور که با محور درجه حرارت برخورد کرد را به‌عنوان درجه حرارت پایه در نظر می‌گیرند که برای گونه‌های مختلف متفاوت است. تجزیه رگرسیون، رابطه خطی بسیار معنی‌داری بین سرعت نمو و دما برای گونه مورد مطالعه نشان می‌دهد (P= ۰/۰۱). درجه-روز رشد نیز از تفاضل میانگین درجه حرارت روزانه از دمای پایه محاسبه شد. با جمع درجه-روزهای حادث شده در طی یک دوره مشخص، مقدار درجه-روز رشد لازم برای رسیدن یک گیاه به هر مرحله‌ای از نمو فنولوژیکی مشخص گردید. نتایج نشان می‌دهد که مراحل فنولوژیکی گیاهان با استفاده از درجه-روز رشد قابل پیش‌بینی است. تعیین رابطه بین مراحل فنولوژیکی گیاهان و درجه-روز رشد در بکارگیری اصول مدیریت چرا، خصوصاً در تعیین آمادگی مرتع و مدل‌سازی رشد و مدیریت بسیار سودمند خواهد بود.

کلمات کلیدی: مراحل فنولوژیک، *Bromus tomentellus*، درجه-روز رشد، مدیریت چرا

www.SID.ir

Watershed Management Research Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No 89 pp: 1-6

Investigation on phenology of *Bromus tomentellus* using growing degree-day method

By: H. Azarnivand, Assistant Professor Natural Resource Faculty University of Tehran (Corresponding Author; Tel: +982612223044)*, M. Tarkesh Esfehani, Member of Scientific Board Natural Resource Faculty University Industrial of Esfahan, M. Basiri, Member of Scientific Board Natural Resource Faculty University Industrial of Esfahan, M. Saeedfar, Member of Scientific Board Natural Resource Research Center Esfahan Province and M. A. Zarea Chahooki, Associate Professor Natural Resource Faculty University of Tehran.*

In agriculture, growing degree day accumulation is commonly used to predict crop development, classify species and hybrids as to maturity data and evaluate climate for crop suitability, but relationships between degree day accumulation and phonological development of range species have received less attention. This research tested the hypothesis that phenological development is related to degree day accumulation and that these relationships are stable over environment. Therefore this study was conducted in two different field studies on *Bromus tomentellus*. One of the most important steps in the design of degree-day system is establishment of the base temperature. For this purpose, seed plants are grown in a controlled environment, at constant temperature (10, 15, 20, and 25 ^{oC}) and constant photoperiod, with development rate expressed as a function of temperature. The best fitting line of development rate versus temperature is extrapolated to zero growth. The point at which this line crosses the temperature axis defines the best temperature. Thresholds (base temperature) are different for each species. The linear regression analysis showed highly significant (p=0.01) between rate development and temperature for this species. Degree day can be easily calculated by using the average daily temperature minus the base temperature. Degree day are totaled over a period of days to determine when a plant has reached a certain phonological stage. Based on the species and condition of this study, plant phenological stages can be predicted from accumulated growing degree-day. Determining relationship between plant phenological development and management, especially in determining grazing readiness, and in refinement of growth and management simulation models.

Keywords: Growing degree day, *Bromus tomentellus*, Management grazing, Phenological stages

مقدمه

فنولوژی در لغت از کلمه Phenomenology به معنی پدیده شناسی گرفته شده است. در طول زندگی گیاه وقایع مهمی همچون جوانه زدن بذر، رشد رویشی، تشکیل میوه و انتشار بذر وجود دارد. مطالعه و بررسی تاریخ و زمان این وقایع، فنولوژی یا زیستگرد نام دارد. به عبارت دیگر فنولوژی تقویم وقایع تاریخ زندگی گیاهان است (شانه‌چی، ۱۳۷۲).

در مدیریت مراتع زمان مناسب بهره‌برداری بر اساس مطالعات فنولوژی و بررسی مراحل زندگی گیاه تعیین می‌شود. مطالعات انجام شده در این زمینه حاکی است چنانچه حفظ و دوام زندگی گیاه توام با کیفیت علوفه مصرفی مورد نظر باشد، هرگونه بهره‌برداری از نظر چرای دام یا جمع‌آوری علوفه باید در مقطع زمانی بخصوصی از دوران زندگی گیاه صورت گیرد. با استفاده از این مطالعات روش‌های بهره‌برداری صحیح از مراتع تعیین و به مورد اجرا گذاشته می‌شود (حسینی و ابرسجی، ۱۳۸۴).

عوامل متعددی بر روی تاریخ وقوع مراحل فنولوژیکی گیاهان مؤثر هستند. Keith (۲۰۰۱) رطوبت، باد، مقدار و نوع بارش، رژیم و نحوه پراکنش بارش، دما و طول روز را به‌عنوان مهمترین عوامل اقلیمی مؤثر بر روی فنولوژی گیاهان معرفی می‌کند. پژوهشگرانی از قبیل White (۱۹۷۲)، Bayer (۱۹۷۳)، Holt (۱۹۸۷)، Jordan و همکاران (۱۹۸۹)، Thomson (۱۹۹۰)، Bertiler (۱۹۹۱)، Frank (۱۹۹۱)، Hunter (۱۹۹۲)، Harrison (۱۹۹۴) و Wang و همکاران (۲۰۰۴) بیان کرده‌اند که از بین عوامل محیطی، عوامل اقلیمی به‌ویژه درجه حرارت بیشترین اثر را بر روی نمو گیاه از جمله بر طول دوره رویش و مراحل فنولوژیکی گیاهان دارد. در حقیقت دما به‌عنوان یک عامل بوم‌شناسی به دو صورت مستقیم و غیر مستقیم بر روی گیاهان تأثیر می‌گذارد. حرارت به‌صورت مستقیم بر همه اعمال حیاتی گیاهان و شدت متابولیسم آنها اثر گذاشته و به‌صورت غیر مستقیم با تاثیری که بر روی عوامل حیاتی دیگر از جمله مقدار آب در دسترس گیاه دارد، به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل محدودکننده در استقرار گیاهان مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. به‌دلیل عدم امکان اندازه‌گیری مستقیم سرعت نمو نمی‌توان تاثیر درجه حرارت را بر روی آن کمّی کرد. معمولاً به جای سرعت نمو مدت زمان سپری شده بین دو مرحله متوالی نمو را اندازه‌گیری کرده و به‌عنوان متوسط سرعت نمو در نظر می‌گیرند. برای محاسبه دقیق سرعت نمو، باید آزمایش‌هایی را تحت شرایط ثابت انجام داد. در این صورت می‌توان مدت زمان سپری شده بین دو مرحله نمو را معکوس کرد و سرعت نمو در فاصله آن دو مرحله را به‌دست آورد. مطالعات مختلف نشان داده است که رابطه بین سرعت نمو و درجه حرارت تقریباً خطی است و این رابطه در محدوده وسیعی از دماها در صورتی که بارندگی و شرایط خاک ثابت باشد، برقرار است. در کشاورزی به‌طور معمول از درجه-روز رشد تجمعی به منظور پیش‌بینی نمو محصولات، طبقه‌بندی

Archive of SID

گونه‌هـا و هیبریدها از نظر تاریخ رسـیدن محصول و ارزیابی اقلیم منطقه به منظور تعیین شایسـتگی محصول استفاده می‌شود. اما رابطه بین درجه-روز رشـد تجمعی و نمو فنولوژیکی گونه‌های مرتعی کمتر مورد توجه قرار گرفته اسـت. این فرضیه که نمـو فنولوژیکی گونه‌ها در ارتباط با درجه-روز رشـد (Growing degree day) تجمعی است و ارتباط مذکور در تمام محیط‌ها ثابت است در این تحقیق مورد آزمایش قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دو ایسـتگاه شـهید حمزوی و سد زاینده‌رود انجام شد. ایسـتگاه تحقیقاتی شـهید حمزوی با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی در ۲۱۰ کیلومتری جنوب اصفهان در منطقه حنا از توابع شهرسـتان سـمیرم واقع شده است. مسـاحت ایسـتگاه بالغ بر ۵۰۰ هکتار و ارتفاع آن از سطح دریا ۲۳۰۰ متر و شـیب عمومی آن بین صفر تا ۲ درصد می‌باشـد. از نظـر فیزیوگرافی بر روی دشـت‌های دامنه‌ای واقع شده اسـت (جهاد سازندگی استان اصفهان، ۱۳۷۱). اقلیم منطقه بر اسـاس داده‌های اخذ شـده از ایستگاه هواشناسی شهید حمزوی در طی دوره آماری ۱۰ ساله، جزء مناطق استپی سرد (روش گوسـن)، معتدل سـرد با تابستان‌های گرم و خشـک (روش کوپن) و نیمه مرطوب معتدل با زمسـتان‌های سرد (روش پیشنهادی کریمی) طبقه‌بندی می‌شود. گرمترین ماه سال تیرماه با میانگین دمای ۲۱/۴۳ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه سال دی ماه با میانگین ۳/۶۷- درجه سانتی‌گراد بوده و دمای متوسـط سالیانه بر اساس آمار موجود ۹/۵۱ درجه سانتی‌گراد است. میزان بارندگی متوسط سالیانه منطقه ۳۷۹/۶ میلی‌متر می‌باشد که ۱۳ درصد آن در فصـل بهار، ۰/۸ درصد آن در تابسـتان، ۳۲ درصد آن در پاییز و ۵۴/۲ درصد آن در تابسـتان می‌بارد. پوشـش گیاهی غالب ایسـتگاه بوته-علفزار است که در آن گونه‌های *Eurotia ceratoides*،*Bromus tomentellus*، *Stipa barbata* و *Astragalus cyclophyllon* به‌ترتیـب بیشـترین سطح تاج پوشش را به خود اختصاص داده‌اند. دیگر گونه‌های گیاهی همراه در ایـن منطقه عبارتنـد از *Noea mucronata*، *Stachys inflata* و *Onobrychis melanotricha*.

ایسـتگاه تحقیقاتی سـد زاینده‌رود با مسـاحتی بالغ بـر ۳۴۰ هکتار در کرانـه جنوبی دریاچه سـد زاینده رود در فاصلـه ۱۵۰ کیلومتری غرب اصفهان واقع شده است و دارای مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۶ دقیقه طول شـرقی و ۳۲ درجه و ۴۳ دقیقه عرض شـمالی اسـت. ارتفاع ایستگاه از سـطح دریا ۲۱۰۰ متر می‌باشـد. اقلیم منطقه جزء مناطق اسـتپی سرد (روش گوسـن)، معتدل سـرد با تابستان‌های گرم و خشک (روش کوپن) و نیمه مرطوب معتدل با زمسـتان‌های سرد (روش پیشنهادی دکتر کریمی) طبقه‌بندی می‌شود. گرمترین و سردترین ماه سال به‌ترتیب تیر ماه با دمای میانگین ۲۳/۷۶ درجه سانتی‌گراد و دی ماه با دمای میانگین ۲/۱۶- درجه سـانتی‌گراد بوده و میانگین دمای سـالیانه ۱۱/۳۵ درجه سانتی‌گراد است. متوسط بارندگی سالیانه ایستگاه ۲۳۶/۶ میلی‌متر می‌باشد که ۱۴ درصد آن در فصل بهار، ۰/۵ درصد آن در تابسـتان، ۳۰/۳ درصد آن در پاییز و ۵۵/۲ درصد آن در زمسـتان نازل می‌شود. تیپ گیاهی غالب ایستگاه بوته-علفزار اسـت که در آن گونه‌های *Centaurea sp.*، *Acanthophyllum sp.*، *Scariola orientalis* و *Stipa barbata* جزء گونه‌های غالب هستند. دیگر گونه‌های گیاهی همراه عبارتند از *Onobrychis melanotricha*، *Astragalus cyclophyllon*، *Bromus tometellus* و *Cousinia cylindrical*. بـا توجه به اقلیم یکسـان (طبـق طبقه‌بندی‌های مختلف اقلیمی) و قرق بودن ایستگاه‌ها و همچنین حضور مشترک گونه *Bromus tomentellus* و وجود ایسـتگاه‌های هواشناسـی، دو ایسـتگاه تحقیقاتی شـهید حمزوی و سـد زاینده رود به منظور بررسی فنولوژی گونه مذکور با استفاده از روش درجه-روز رشد انتخاب شد. لازم به ذکر است که افزون بر شرایط اقلیمی دیگر شرایط محیطی نیز در هر دو منطقه یکسان بود.

بـه منظور مطالعـه فنولوژی گونه *B. tomentellus* در هر ایسـتگاه مطالعاتـی تعـداد ۱۰ پایه در امتداد دو ترانسـکت عمود بـر هم انتخاب و به‌وسـیله پیکه‌های چوبی شماره‌گذاری شـدند. به منظور ایجاد یکنواختی در اطلاعات کسـب شده سعی شـد پایه‌های منتخب از نظر قدرت رویشی، ارتفاع، قطر یقه و شـادابی از وضعیت مشـابهی برخوردار باشند. مشاهده و رکوردگیـری از گونه‌های مورد مطالعه بـه فاصله زمانی هر ۱۴ روز یک بار صورت گرفت. بدین ترتیب در پایان مطالعه، تاریخ ظهور و خاتمه هر رخداد فنولوژیکی برای گونه مذکور مشـخص شـد. همزمان با برداشـت اطلاعات صحرایی، اطلاعات اقلیمی مورد نیاز در ایستگاه هواشناسی به‌صورت روزانه در سـه نوبت ثبت گردید. با اسـتفاده از آمار درجه حرارت ثبت شده در هر ایسـتگاه مطالعاتی و با اسـتناد به درجه حرارت پایـه و مطالعات فنولوژی انجام شـده، اقدام به محاسبه ارزش درجه-روز رشد در طی مراحل مختلف فنولوژی شـد. شـاخص مذکور از مجموع درجه حرارت‌های بالاتر از درجه حرارت پایه گیاه به‌دسـت می‌آید و بیانگر مقـدار واحد گرمای مؤثر روزانه بـرای نمو گیاه می‌باشـد. از حاصـل جمع واحدهای حرارتـی مؤثر روزانه، مجموع واحدهای حرارتی یا مجموع درجه-روز رشـد لازم برای هر مرحله فنولوژیکی گیاه محاسبه می‌شود. درجه-روز-رشد به دو صورت مؤثر و فعال با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شد.

معادله (۲) فعال $AGDD = \sum\left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2}\right]$

معادله (۱) مؤثر $AGDD = \sum\left[\frac{T_{max}+T_{min}}{2} - T_{base}\right]$

در این معادله AGDD= درجه-روز-رشـد تجمعی لازم برای تکمیل شـدن هر مرحله از فنولوژی گیاه، N= تعداد روز لازم برای تکمیل شـدن هـر مرحله فنولوژیکی، T_{max}= درجه حـرارت حداکثر روزانه، T_{min}= درجه حرارت حداقل روزانه و T_{base}= درجه حرارت پایه است.

در معادله ۱ منظور از درجه حرارت پایه (درجه حرارت حداقل یا صفر بیولوژیک) دمایی اسـت که در آن میزان جوانه‌زنی صفر است. برای تعیین درجـه حـرارت پایـه از روش پیشـنهادی Arnold (۱۹۵۹) و Jordan (۱۹۸۹) که مبتنی بر تجزیه رگرسیون است، استفاده شد. بدین منظور بذر گیاهان در محیطی کنترل شـده آزمایشـگاه، در درجه حرارتی ثابت (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و فتوپریودی ثابت کشت شد و سرعت نمو به‌صورت تابعی از درجه حرارت تعیین شـد. بهترین خط حاکم بین درجه حرارت و سرعت نمو برازش شده و نقطه‌ای از خط مذکور که با محور درجه حـرارت برخورد کرد را به‌عنوان درجه حرارت پایه در نظر می‌گیرند. افزون بر این شاخص‌های واحد گرمایی و جوانه‌زنی نیز محاسبه شد. مقدار گرمای مـورد نیـاز به منظور رخـداد ۵۰ درصد جوانه‌زنی هر گونـه گیاهی، واحد گرمایی نامیده می‌شود که از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

Archive of SID

معادله (۳) $H.u = \frac{1}{b}$

در این معادله H.u: مقدار گرمای مورد نیاز به منظور رخداد ۵۰ درصد جوانه‌زنی، b= شیب معادله رگرسیون

از حاصلضرب ارزش واحد گرمایی به‌دست آمده برای گونه گیاهی در درجه حرارت پایه همان گونه، شاخص جوانه‌زنی بر اساس معادله ۴ محاسبه می‌شود.

معادله (۴) $GI=H.u*T_{base}$ که در آن GI: شاخص جوانه‌زنی، H.u: مقدار گرمای مورد نیاز به منظور ۵۰ درصد جوانه‌زنی و T_{base}: درجه حرارت پایه است. افزون بر تجزیه رگرسیون که در قبل اشاره شد، برای مقایسه مقادیر درجه-روز رشد به‌دست آمده طی مراحل مختلف فنولوژی در دو ایستگاه از آزمون آماری t مستقل استفاده شد.

نتایج

توصیف مراحل فنولوژیک گیاه

مراحل مختلف فنولوژیک گونه *B. tomentellus* به شرح زیر است:

شروع رشد: این گونه رشد خود را در نیمه دوم اسفندماه آغاز می‌کند. دمای هوا در شروع فعالیت رویش گیاه حداقل صفر تا ۲- درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۸ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد است.

رشد رویشی: این مرحله از دهه دوم اسفندماه شروع می شود و تا اواخر فروردین ماه ادامه می‌یابد. این دوره حدود ۴۰ تا ۴۵ روز به طول می‌انجامد. بر اساس اطلاعات استخراج شده از منحنی آمبروترمیک ایستگاه‌ها، مرحله رشد رویشی مصادف با دوره مرطوب منطقه بوده و تا ابتدای دوره خشکی ادامه می‌یابد. در این مرحله دمای ایستگاه‌های مطالعاتی حداقل ۲ درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۱۲ درجه سانتی‌گراد است.

تشکیل غلاف: این مرحله از ابتدای اردیبهشت ماه (شروع دوره خشکی) آغاز می‌شود و تا اواسط اردیبهشت ماه ادامه دارد و حدود دو هفته به طول می‌انجامد. در این مرحله دمای ایستگاه‌های مطالعاتی حداقل ۵ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آن ۲۰ درجه سانتی‌گراد است.

گلدهی: این دوره از نیمه دوم اردیبهشت ماه آغاز می‌شود و تا اواسط خرداد ماه ادامه دارد. این دوره حدود یک ماه به طول می‌انجامد. حداقل درجه حرارت هوا در این مرحله حدود ۷ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آن ۲۵ درجه سانتی‌گراد است.

بذر دهی: این مرحله از اواسط خرداد ماه آغاز شده و تا پایان دهه دوم تیرماه ادامه می‌یابد. این مرحله با اوج دوره خشکی در منطقه مصادف بوده و حداقل درجه هوا ۱۰ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آن ۳۰ درجه سانتی‌گراد است.

ریزش بذر: بلافاصله بعد از رسیدن کامل بذور، گیاه از ابتدای دهه سوم تیرماه شروع به بذرافشانی می‌کند. این مرحله با اوج دوره خشکی همزمان است، ولی درجه حرارت در بالاترین وضعیت قرار دارد. حداقل درجه حرارت در ایستگاه‌ها ۱۲ درجه سانتی‌گراد و حداکثر آ ن ۳۵ درجه سانتی‌گراد است.

درجه حرارت پایه

میزان جوانه‌زنی بذور *B. tomentellus* و زمان آن مصادف با ۵۰ درصد جوانه‌زنی این گونه تحت تیمارهای حرارتی (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) تعیین شد. زمان‌های وقوع به‌ترتیب ۶/۱۲، ۳/۴۶، ۲/۴۵ و ۱/۷۲ روز می‌باشد. چون سرعت نمو را به‌صورت معکوس زمان وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زنی محاسبه می‌کنند، مقادیر سرعت نمو تیمارهای حرارتی به‌ترتیب ۰/۱۶۳، ۰/۲۸۸۲، ۰/۴۰۶۸ و ۰/۵۷۵ در روز است. اگر درجه حرارت را به‌عنوان متغیر مستقل (x) و سرعت نمو به‌عنوان متغیر وابسته (y) در نظر گرفته شوند، با استفاده از رگرسیون ساده مشخص خواهد شد که درجه حرارت پایه برای این گونه گیاهی برابر ۴/۲۷ درجه سانتی‌گراد است.

(r=۰/۹۹۶)

$$Y = -0/11586 + 0/027092\ X$$

واحد گرمایی

واحد گرمایی در حقیقت مقدار گرمای مورد نیاز به منظور وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زنی است و از معکوس کردن شیب خط رگرسیون حاصل می‌شود. بدین ترتیب مقدار گرمای مورد نیاز به منظور وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زنی گونه مورد مطالعه برابر ۳۶/۹۱ درجه-روز است. به منظور تعیین ارزش واحد گرمایی از معادله‌های زیر نیز می‌توان استفاده کرد.

درجه حرارت پایه- میانگین درجه حرارت روزانه= گرمای مؤثر روزانه (درجه-روز رشد مؤثر روزانه)

تعداد روز لازم به منظور وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زنی*گرمای مؤثر روزانه=واحد گرمایی

بر اساس این معادله مقدار گرمای مورد نیاز به منظور وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زنی گونه *B. tomentellus* تحت تیمارهای حرارتی (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) به قرار زیر است:

درجه روز ۳۵/۰۹=۶/۱۲۵۲۷*(۱۰-۴/۲۷)

درجه روز ۳۷/۲۳۱=۳/۴۶۹۷۸*(۱۵-۴/۲۷)

درجه روز ۳۷/۶۶=۲/۴۵۷۶۹*(۲۰-۴/۲۷)

درجه روز ۳۵/۸۴=۱/۷۲۹۰۱*(۲۵-۴/۲۷)

به نظر می‌رسد که در چهار تیمار حرارتی فوق ارزش واحدهای گرمایی محاسبه شده مقداری نوسان نشان می‌دهد که ممکن است ناشی از ترسیم نمودار یا محاسبات باشد. بر اساس میانگین نتایج حاصله مقدار گرمایی مورد نیاز به منظور وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زنی گونه در مورد مطالعه معادل ۳۶/۷ درجه-روز است که با مقدار واحد گرمایی محاسبه‌شده با استفاده از معادله ۳ برابری می‌کند.

شاخص جوانه زنی

شاخص جوانه‌زنی گونه *B. tomentellus* برابر ۱۵۷/۶۱ است.

درجه-روز رشد

با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ میزان درجه-روز رشد فعال و مؤثر در مراحل مختلف فنولوژی گونه مورد مطالعه در دو ایستگاه شهید حمزوی و سد زاینده‌رود محاسبه شد که نتایج آن در جداول ۱ و ۲ و شکل‌های ۱ و ۲ مشاهده می‌شود. همانطور که در اشکال مذکور مشخص است، منحنی‌های درجه-روز رشد (GDD) ترسیم‌شده متعلق به گونه *B. tomentellus* در دو ایستگاه شهید حمزوی و سد زاینده‌رود بر هم منطبق است و نتایج آزمون t نیز فرض صفر را در سطح معنی‌دار ۵ درصد تایید می‌کند.

بحث و نتیجه گیری

مطالعه فنولوژی گونه‌های گیاهی با اهداف متفاوتی انجام می‌شود. یکی

Archive of SID

از اهداف اعمال مدیریت صحیح نظام چرایی است. به همین منظور در ثبت اطلاعات مورد نیاز به دوره‌های زیستی خاصی از گیاه که به‌طور عام در جهت این هدف کاربرد داشته‌اند، بیشتر توجه شده است. از آن جمله به مواردی همچون تاریخ شروع رشد، رشد رویشی، گلدهی و بذر دهی برای تعیین زمان مناسب ورود و خروج دام و تعیین زمان مناسب بذرگیری می‌توان اشاره کرد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گونه *B. tomentellus* رشد خود را از نیمه دوم اسفند ماه آغاز می‌کند که تا اواخر فروردین ماه ادامه می‌یابد. تشکیل غلاف از اردیبهشت ماه شروع شده و حدود دو هفته طول می‌کشد. گلدهی از نیمه دوم اردیبهشت ماه آغاز و تا اواسط خرداد ماه ادامه دارد. زمان رسیدن بذر این گونه از اواسط خرداد ماه شروع شده و تا پایان دهه دوم تیرماه ادامه می‌یابد. این گونه گیاهی بلافاصله بعد از رسیدن کامل بذر از ابتدای دهه سوم تیرماه شروع به بذرافشانی می‌کند. نتایج مقیمی (۱۳۸۴) در بررسی فنولوژی این گونه با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. درجه حرارت پایه برای گونه *B. tomentellus*، ۴/۲۷ درجه سانتی‌گراد است. درجه حرارت پایه بیانگر دمایی است که در آن سرعت نمو معادل صفر است و جزء درجه حرارت‌های اصلی برای گیاهان محسوب می‌شود و عده‌ای آن را صفر بیولوژیک معرفی کرده‌اند. واحد گرمایی گونه مورد مطالعه ۳۶/۹۱ درجه-روز می‌باشد که برای هر گونه گیاهی مقداری ثابت بوده که جزء صفات پایدار و دائمی آن جمعیت محسوب می‌شود (Jordan و همکاران، ۱۹۸۹). از واحد گرمایی به عنوان شاخص جوانه‌زنی یاد می‌شود. بذر آن دسته از گیاهانی که نیاز به واحد گرمایی کمتری دارند، از سرعت رشد بیشتری برخوردارند. Arnold (۱۹۵۹) معتقد است که افزون بر واحد گرمایی، درجه حرارت پایه نقش مهمی در جوانه‌زنی گیاهان ایفا می‌کند. وی اثر تلفیقی این دو عامل را به‌صورت حاصلضرب آنها نشان داد. مقدار شاخص جوانه‌زنی برای گونه *B. tomentellus*، ۱۵۷/۶۱ است. مقدار واحد گرمایی (درجه-روز) معینی لازم است تا گیاه مورد نظر به مرحله‌ای از نمو وارد شود. بر همین اساس از درجه-روز رشد (GDD) برای پیش‌بینی تاریخ وقوع مراحل فنولوژیکی گیاهان استفاده می‌شود. بین مقدار درجه-روز رشد محاسبه شده در دو ایستگاه شهید حمزوی و سد زاینده‌رود اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و آنها را می‌توان به‌عنوان GDD واحد در نظر گرفت. به منظور پیش‌بینی تاریخ مراحل نمو فنولوژیک گیاهان با استفاده از درجه-روز رشد نرمال از روش روندیابی منحنی و انترپولاسیون استفاده می‌شود. در استفاده از این روش کافی است مراحل اولیه نمو فنولوژیکی گونه مورد نظر در صحرا دیده‌بانی شود، دیگر مراحل نمو فنولوژیکی از طریق روندیابی

جدول ۱- مشخصات مراحل نمو فنولوژیکی گونه *B. tomentellus* در ایستگاه شهید حمزوی

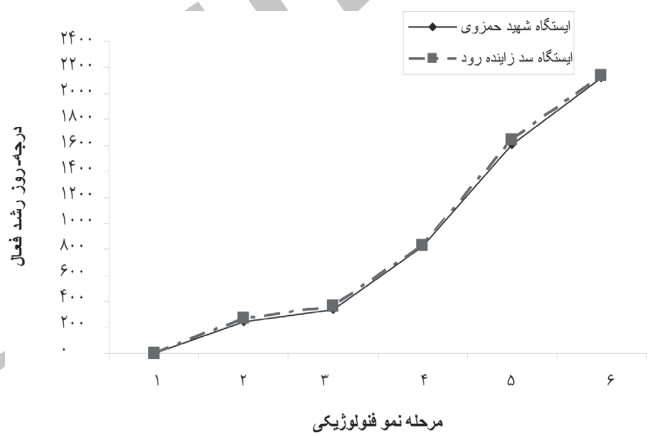
مرحله فنولوژیک	تعریف	تاریخ وقوع	مدت وقوع	مدت وقوع از شروع رشد	درجه-روز رشد	
					فعال	موثر
۰	شروع رشد	۱۲/۱۵	۰	۰	۰	۰
۱	پایان رشد رویشی و شروع تشکیل غلاف	۱/۲۸	۴۲	۴۲	۲۴۵	۱۱۰
۲	پایان تشکیل غلاف و شروع گلدهی	۲/۸	۱۱	۵۳	۳۴۰	۱۸۲
۳	پایان گلدهی و شروع بذردهی	۳/۱۰	۳۳	۸۶	۸۲۰	۴۷۰
۴	پایان بذردهی و شروع ریزش بذر	۴/۱۵	۳۶	۱۲۲	۱۶۰۲	۱۰۲۰
۵	پایان ریزش بذر	۵/۱۵	۳۱	۱۵۳	۲۱۱۷	۱۴۲۰

جدول ۲- مشخصات مراحل نمو فنولوژیکی گونه *B. tomentellus* در ایستگاه سد زاینده رود

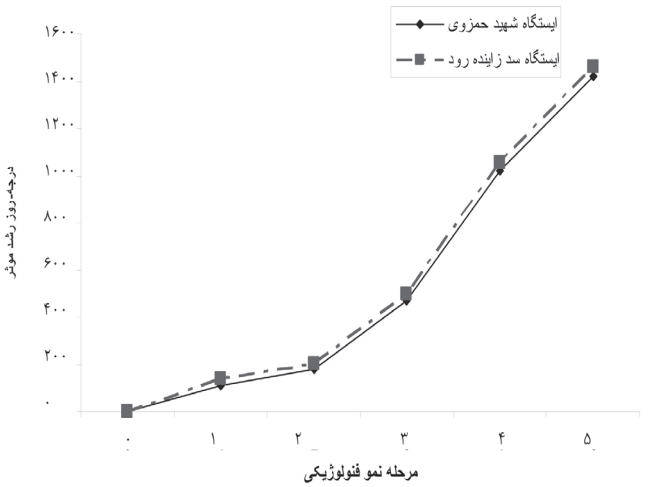
مرحله فنولوژیک	تعریف	تاریخ وقوع	مدت وقوع	مدت وقوع از شروع رشد	درجه-روز رشد	
					فعال	موثر
۰	شروع رشد	۱۲/۱۲	۰	۰	۰	۰
۱	پایان رشد رویشی و شروع تشکیل غلاف	۱/۲۴	۴۳	۴۳	۲۷۰	۱۴۰
۲	پایان تشکیل غلاف و شروع گلدهی	۲/۴	۱۱	۵۴	۳۶۵	۲۰۵
۳	پایان گلدهی و شروع بذردهی	۳/۵	۳۲	۸۶	۸۳۰	۵۰۰
۴	پایان بذردهی و شروع ریزش بذر	۴/۸	۳۴	۱۲۰	۱۶۴۵	۱۰۵۵
۵	پایان ریزش بذر	۵/۵	۲۸	۱۴۸	۲۱۴۰	۱۴۶۰

www.SID.ir

منحنی و استفاده از درون‌یابی مشخص می‌گردد. با آشکار شدن رابطه درجه-روز رشد با مراحل نمو فنولوژیکی گیاهان می‌توان طول دوره چرا و مدت زمان وقوع هر مرحله فنولوژیک را پیش‌بینی کرد. همچنین با بهره‌گیری از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و داده‌های هواشناسی اقدام به ترسیم منحنی‌های ایزوفون (هم درجه-روز) کرد. منحنی‌های ایزوفون در حقیقت مکان هندسی نقاطی هستند که دارای درجه-روز رشد یکسان بوده و بالطبع بر وقوع پدیده‌های فنولوژیکی یکسانی دلالت می‌کنند. با ترسیم چنین منحنی‌هایی در مقیاس وسیع، مدیریت مرتع قادر خواهد بود پیش‌بینی کند که در هر یک از ایام سال در نواحی مختلف، هر گونه گیاهی در چه مرحله فنولوژیکی قرار دارد. بهترین زمان چرای این گونه اوایل اواخر اردیبهشت ماه است. آنچه مسلم است عوامل زیادی در وقوع پدیده‌های فنولوژیکی گونه‌های گیاهی دخیل هستند و درجه-روز یکی از این عوامل محسوب می‌شود. از درجه-روز می‌توان به منظور مدل‌سازی مراحل مختلف فنولوژی گیاهان



شکل ۱- رابطه بین مراحل نمو و درجه-روز رشد فعال گونه *B. tomentellus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه



شکل ۲- رابطه بین مراحل نمو و درجه-روز رشد موثر گونه *B. tomentellus* در ایستگاه‌های مورد مطالعه

استفاده کرد، چون در عین سادگی و کارآیی بالا، نیاز به پارامترهای ورودی کمی داشته (دمای حداکثر، دمای حداقل، دمای پایه) و خروجی (نتیجه) نسبتاً قابل قبولی ارائه می‌کند.

منابع مورد استفاده

۱- حسینی س. ع. و ابرسجی، ق.ع. (۱۳۸۴) فنولوژی ۷ گونه مرتعی بومی شور روری در ایستگاه اینچه برون گلستان، مجله پژوهش و سازندگی، ۶۹(۴): ۸۷-۹۲.

۲- سازمان جهاد سازندگی استان اصفهان، (۱۳۷۱) مطالعات خاکشناسی تفصیلی اراضی ایستگاه مطالعات روش‌های اصلاح مراتع و تکثیر بذر گیاهان مرتعی شهید غریبعلی حمزوی.

۳- شانه‌چی م، (۱۳۷۲) اکولوژی گیاهی (ترجمه)، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع).

۴- مقیمی ج، (۱۳۸۴) معرفی برخی گونه‌های مهم مرتعی مناسب برای توسعه و اصلاح مراتع ایران، انتشارات آرون، ۶۷۰ صفحه.

5- Arnold C.Y., (1959) *The determination and significant of the base temperature in a linear heat unit system.* Proc. American Society of Horticultural Science, 74: 430-445.

6- Boyer W.D., (1973) Air temperature, heat sums, and pollen shedding phenology of long leaf pine, *Journal of Ecology,* 54: 420-426.

7- Frank A.B., (1991) Morphology, Cal development of crested and western wheat grass flowering grazing, *Agronomy Journal,* 38: 826-828.

8- Harrison T.J., (1994) Regrowth of smooth brome grass flowering defoliation, *Journal of Plant Science,* 74: 531-537.

9- Holt E.C., (1987) Growth of introduced temperature legumes in the Edwards plateau and south Texas plains, *Journal of Range Management,* 40: 132-135.

10- Hunter A.F., (1992) Predicting the timing of budburst in temperature trees, *Journal of Applied Ecology,* 29: 597-604.

11- Jordan L., Gilbert & M. Haferkamp, R. (1989) Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs, *Journal of Range Management*, 42: 41-45.

12- Keith T., (2001) A method to incorporate phenology into land cover change analysis, *Journal of Range Management,* Vol. 54.

13- Wang R., Bai Y. and Tanino, K. (2004) Effect of seed size and sub-zero imbibition temperature on the thermal time model of winterfat (*Eurotia lanata* (Pursh) Moq.). *Environmental and Experimental Botany*, 51: 183–197

14- White L.M., (1972) Relationship between meteorological measurements and flowering of index species to flowering of 53 plant species, *Journal of Agriculture meteorology*, 20: 189-204

Archive of SID