بررسي تأثير درجه-روز رشد بر فنولوژي و نمو گونة *Onobrychis melanotricha*

حسين آذرنيوند*[۱] ، مصطفي تركش اصفهاني[۲]، مهدي بصيري[۳] ، محمدعلي زارع چاهوكي[۱] و مصطفي سعيدفر[۴]
[۱] دانشيار دانشكده منابع طبيعي دانشگاه تهران، ايران
[۲] استاديار دانشكده منابع طبيعي دانشگاه صنعتي اصفهان، ايران
[۳] دانشيار دانشكده منابع طبيعي دانشگاه صنعتي اصفهان، ايران
[۴] عضو هيأت علمي مركز تحقيقات منابع طبيعي و امور دام استان اصفهان، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۸/۲/۲۳، تاريخ تصويب: ۸۹/۱۰/۲۰)

چكيده

عامل درجه-روز رشد تجمعي در كشاورزي به‌منظور پيش‌بيني نمو محصولات، طبقه‌بندي گونه‌ها و هيبريدها از نظر تاريخ رسيدن محصول و ارزيابي اقليم منطقه به منظور تعيين مناسب بودن براي كشت محصولات مختلف استفاده مي‌شود. اما رابطه بين درجه روز شد تجمعي و نمو رويشي گونه‌هاي مرتعي كمتر مورد توجه قرار گرفته است. اين فرضيه كه نمو رويشي گونه‌ها در ارتباط با درجه-روز رشد تجمعي است و ارتباط مذكور در تمام محيط‌ها مقداري ثابت است، در اين تحقيق مورد آزمايش قرار گرفته است. اين پژوهش در دو ايستگاه شهيد حمزوي و سد زاينده‌رود بر روي گونه *Onobrychis melanotricha* انجام شده است. يكي از مهمترين گام‌ها در طراحي سيستم درجه-روز رشد، تعيين درجه حرارت پايه است. بدين منظور بذر گياهان در محيطي كنترل شده در درجه حرارتي ثابت (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتي‌گراد) و فتوپريودي ثابت كشت شد و سرعت نمو به‌صورت تابعي از درجه حرارت تعيين گرديد. بهترين خط حاكم بين درجه حرارت و سرعت نمو برازش شده و نقطه‌اي از خط مذكور كه با محور درجه حرارت برخورد نمود را به‌عنوان درجه حرارت پايه در نظر مي‌گيرند كه براي گونه‌هاي مختلف متفاوت است. رگرسيون خطي، رابطه بسيار معني‌داري را بين سرعت نمو و دما براي گونه مورد مطالعه نشان مي‌دهد ($P<۰/۰۱$). درجه-روز رشد نيز از تفاضل ميانگين درجه حرارت روزانه از دماي پايه محاسبه گرديد. با جمع درجه-روزهاي حادث شده در طي يک دوره مشخص، مقدار درجه-روز رشد لازم براي رسيدن يک گياه به هر مرحله‌اي از نمو رويشي مشخص گرديد. نتايج نشان مي‌دهد كه مراحل رويشي گياهان با استفاده از درجه-روز رشد قابل پيش‌بيني است. تعيين رابطه بين مراحل رويشي گياهان و درجه-روز رشد در بكارگيري اصول مديريت چرا بسيار سودمند خواهد بود.

واژه هاي كليدي: *Onobrychis melanotricha*، مراحل مرحلة رويشيک، درجه-روز رشد.

* نويسنده مسئول: تلفن: ۳۲۲۴۹۳۱۳-۰۲۶ فاكس: ۳۲۲۴۹۳۱۳-۰۲۶ E-mail: hazar@ut.ac.ir

مقدمه

مرحلة رويشي يكي از بخش‌هاي گسترده بوم‌شناسي است و منظور از آن مطالعه تغييرات حياتي گياهان از قبيل تاريخ جوانه‌زدن بذرها در گياهان يكساله، شروع رشد در گياهان چند ساله، تاريخ برگدهي و طول دوره آن، تاريخ شروع و خاتمه گلدهي، زمان رسيدن و بلوغ بذر و ريزش آن و سرانجام مشخص كردن تاريخ خاتمه رشد و دوره خواب است (Modir Shanechi, 1994).

مشخص كردن مراحل حياتي گياهان براي تنظيم برنامه‌هاي چراي دام و استفاده صحيح از گياهان مرتعي و جلوگيري از چراي زودرس و بي‌موقع و از بين بردن گياهان هرز و مهاجم در مرتعداري حائز اهميت است. زمان برداشت علوفه و مرحله توليد بذر و زماني كه به علت خشكي محيط امكان ايجاد رشد براي گياه وجود ندارد از مواقع حساس چرا مي‌باشد كه با تعيين زمان وقوع آنها برنامه چرا مشخص مي‌شود. در مراحل مختلف مرحلة رويشي، خوشخوراكي و ارزش غذايي گونه‌هاي مختلف متفاوت است. بطور كلي مرحلة رويشي علمي است كه به كمک آن مي‌توان تغييرات فصلي و مرفولوژيكي را در گياهان بررسي كرد. با آگاهي از مراحل مرحلة رويشيک نباتات مهم مرتعي هر منطقه، مناسب‌ترين فصل بهره‌برداري و مدت استفاده از يک مرتع را تعيين و سيستم‌هاي چرايي را تنظيم مي‌كنند (Moghaddam, 2001).

اولين مطالعه مرحلة رويشي بر روي گياهان مرتعي در ايران Benvan et al. (1975) بر روي ۱۱ گونه مرتعي (۹ گونه گندميان و ۲ گونه پهن‌برگان علفي) بومي و غير بومي كشت شده در ايستگاه همند آبسرد واقع در منطقه نيمه‌استپي انجام شده است. بر اساس نتايج حاصل از اين مطالعه حداكثر رشد سبزينه‌اي گياهان در نيمه دوم ارديبهشت و نيمه اول خرداد ماه حادث مي‌شود و گونه‌هاي غير بومي، دوره رويش خود را زودتر شروع كرده و ديرتر نيز به خواب مي‌روند. در حقيقت مطالعه مذكور پايه و الگوي مطالعات بعدي در زمينه مرحلة رويشي گونه‌هاي مرتعي قلمداد مي‌شود، بطوري كه ساير مطالعات انجام شده در زمينه بررسي مرحلة رويشي گياهان مرتعي فقط به تعيين تاريخ تقويمي وقوع مراحل رويشي گياهان بسنده كرده‌اند و در اين مطالعات روشي بر مبناي اصول علمي، براي پيش بيني مراحل مرحلة رويشيک گياهان ارائه نشده است.

بررسي انجام شده در رابطه با مرحله رويشي در گونه‌هاي *Bromus tomentellus*، *Stipa barbata*، *Orysopsis molinioides* و *Ononbrychis melanotricha* در ايستگاه تحقيقاتي دهبيد فارس نشان‌داد كه زمان مناسب چرا براي گونه *O. melanotricha* از دهه اول ارديبهشت تا اوائل دهه سوم همين ماه است و دهه دوم خرداد زمان مناسب بذرگيري براي اين گياه محسوب مي‌شود. اين گياه با شروع خشكي محيط فعاليت‌هاي زايشي خود را به سرعت انجام مي‌دهد، به‌طوري كه فاصله بين مرحله گلدهي تا ريزش بذر در مدت كوتاهي انجام مي‌شود. همچنين طول دوره رسيدن تا ريزش بذر در اين گونه كوتاه است. گونه مذكور نسبت به گونه‌هاي ديگر نسبت به گرما و سرما حساسيت بيشتري دارد و زودتر رشد آن متوقف مي‌شود.

يافته‌هاي مربوط با بررسي مرحلة رويشي ۸ گونه گياهي را در ايستگاه خركه در محدوده شهرستان سنندج با ارتفاع ۲۰۷۰ متر از سطح دريا به مدت ۳ سال (Ghasriani, 1999) نشان‌دهندة طولاني‌بودن دوره رويش بوته‌اي‌ها و گندميان نسبت به ساير گونه‌ها بوده است. هدف اصلي اين پژوهشگر استفاده از نتايج تحقيق در تعيين زمان مناسب ورود و خروج دام، تعيين بهترين فصل بهره برداري، مدت زمان استفاده از مراتع و تعيين نظام چرائي مناسب از مراتع منطقه بود. تحقيقي مشابه توسط Saidfar(2001) در منطقه حنا سميرم اصفهان جهت بررسي مرحلة رويشي ۶ گونه گياهي انجام شده است.

Salehi & Hovizeh (1998) مرحلة رويشي ۲۱ گونه مرتعي خوزستان را بررسي كردند و نتيجه گرفتند كه گونههاي متعلق به تيره‌هاي مختلف بر اساس ويژگي‌هاي فيزيولوژيک و مرفولوژيک خود، دوره‌هاي زيستي خود را

در مقاطع متفاوتي انجام مي‌دهند و گونه‌هاي مربوط به يک خانواده با همديگر تطابق بيشتري در تاريخ‌هاي وقوع پديده‌هاي رويشي از خود نشان مي‌دهند. عوامل متعددي بر روي تاريخ وقوع مراحل رويشي گياهان مؤثر مي‌باشند. Keith (2001) رطوبت، باد، مقدار و نوع بارش، رژيم و نحوه پراکنش بارش، دما و طول روز را به‌عنوان مهمترين عوامل اقليمي مؤثر بر روي مرحلة رويشي گياهان معرفي مي‌کند.

پژوهشگراني از قبيل White (1972)، Boyer (1973)، Holt *et al.* (1978)، Jordan (1989)، Frank (1991)، Hunter (1992)، Harrison (1994) و Wang *et al.* (2004) بيان کرده‌اند که از بين عوامل محيطي، عوامل اقليمي به‌ويژه درجه حرارت بيشترين اثر را بر روي نمو گياه از جمله بر طول دوره رويش و مراحل رويشي گياهان دارد.

در حقيقت دما به‌عنوان يک عامل بوم‌شناختي به دو صورت مستقيم و غير مستقيم اثر خود را بر روي گياهان نشان مي‌دهد. حرارت به صورت مستقيم بر کليه اعمال حياتي گياهان و بر شدت متابوليسم آنها اثر گذاشته و به صورت غير مستقيم با تاثيري که بر روي عوامل حياتي ديگر از جمله مقدار آب در دسترس گياه دارد، به‌عنوان يکي از مهمترين عوامل محدودکننده در استقرار گياهان مناطق خشک و نيمه‌خشک محسوب مي‌شود. به‌دليل عدم امکان اندازه‌گيري مستقيم سرعت نمو نمي‌توان تأثير درجه حرارت را بر روي آن کمي نمود. معمولاً به جاي سرعت نمو مدت زمان سپري شده بين دو مرحله متوالي نمو را اندازه‌گيري نموده و به‌عنوان متوسط سرعت نمو در نظر مي‌گيرند. براي محاسبه دقيق سرعت نمو، بايد آزمايش‌هايي را تحت شرايط ثابت انجام داد. در اين صورت مي‌توان مدت زمان سپري شده بين دو مرحله نمو را معکوس کرد و سرعت نمو در فاصله آن دو مرحله را بدست آورد. مطالعات مختلف نشان داده است که رابطه بين سرعت رشد و درجه حرارت به‌طورتقريبي خطي است و اين رابطه در محدوده وسيعي از دما برقرار است (Modir Shanechi, 1994).

در کشاورزي به‌طور معمول از درجه-روز رشد تجمعي به منظور پيش‌بيني نمو محصولات، طبقه‌بندي گونه‌ها و هيبريدها از نظر تاريخ رسيدن محصول و ارزيابي اقليم منطقه به منظور تعيين شايستگي محصول استفاده شده است (Sobrero *et al*, 1997). اما رابطه بين درجه-روز رشد تجمعي و نمو رويشي گونه‌هاي مرتعي کمتر مورد توجه قرار گرفته است. اين فرضيه که نمو رويشي گونه‌ها در ارتباط با درجه-روز رشد[1] تجمعي است و ارتباط مذکور در تمام محيط‌ها مقداري ثابت است در اين تحقيق مورد آزمايش قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

اين تحقيق در دو ايستگاه شهيد حمزوي و سد زاينده‌رود انجام شد. ايستگاه تحقيقاتي شهيد حمزوي با مختصات جغرافيايي ۵۱ درجه و ۴۲ دقيقه طول شرقي و ۳۱ درجه و ۹ دقيقه عرض شمالي در ۲۱۰ کيلومتري جنوب اصفهان در منطقه حنا از توابع شهرستان سميرم واقع شده است. مساحت ايستگاه بالغ بر ۵۰۰ هکتار و ارتفاع آن از سطح دريا ۲۳۰۰ متر و شيب عمومي آن بين صفر تا ۲ درصد مي‌باشد. از نظر فيزيوگرافي بر روي دشت‌هاي دامنه‌اي واقع شده است. اقليم منطقه بر پاية داده‌هاي ايستگاه هواشناسي شهيد حمزوي طي دوره آماري ۱۰ ساله (۲۰۰۰-۱۹۹۰)، جزء مناطق استپي سرد (روش گوسن)، معتدل سرد با تابستان‌هاي گرم و خشک (روش کوپن) و نيمه مرطوب معتدل با زمستان‌هاي سرد (روش پيشنهادي کريمي به نقل از احمديان، ۲۰۰۲) طبقه‌بندي مي‌گردد. گرمترين ماه سال تيرماه با ميانگين دماي ۲۱/۴۳ درجه سانتي‌گراد و سردترين ماه سال دي ماه با ميانگين ۳/۶۷- درجه سانتي‌گراد بوده و دماي متوسط سالياته بر اساس آمار موجود ۹/۵۱ درجه سانتي‌گراد است. ميزان بارندگي متوسط سالياته منطقه ۳۷۹/۶ ميلي متر مي‌باشد که ۱۳ درصد آن در فصل بهار، ۰/۸ درصد آن در تابستان، ۳۲ درصد آن در پاييز و ۵۴/۲ درصد آن در تابستان مي‌بارد. پوشش گياهي غالب ايستگاه بوته-

[1] Growing degree day

علفزار است كه در آن گونه‌هاي *Erotia ceratoides*، *Bromus tomentellus*، *Stipa barbata*، *Astragalus cyclophyllon* به‌ترتيب بيشترين سطح تاج پوشش را به خود اختصاص داده‌اند. ساير گونه‌هاي گياهي همراه در اين منطقه عبارتند از *Stachys inflata*، *Noea mucronata* و *Onobrychis melanotricha*.

ايستگاه تحقيقاتي سد زاينده‌رود با مساحتي در حدود ۳۴۰ هكتار در كرانه جنوبي درياچه سد زاينده رود در فاصله ۱۵۰ كيلومتري غرب اصفهان واقع شده است و داراي مختصات جغرافيايي ۵۰ درجه و ۴۶ دقيقه طول شرقي و ۳۲ درجه و ۴۳ دقيقه عرض شمالي است. ارتفاع ايستگاه از سطح دريا ۲۱۰۰ متر مي‌باشد. اقليم منطقه جزء مناطق استپي سرد (روش گوسن)، معتدل سرد با تابستان‌هاي گرم و خشک (روش كوپن) و نيمه مرطوب معتدل با زمستان هاي سرد (روش پيشنهادي كريمي به نقل از (Ahmadian, 2002) طبقه‌بندي مي‌شود. گرمترين و سردترين ماه سال به‌ترتيب تير ماه با دماي ميانگين ۲۳/۷۶ درجه سانتي‌گراد و دي ماه با دماي ميانگين ۲/۱۶- درجه سانتي‌گراد بوده و ميانگين دماي ساليانه ۱۱/۳۵ درجه سانتي‌گراد است. متوسط بارندگي ساليانه ايستگاه ۲۳۶/۶ ميلي‌متر مي‌باشد كه ۱۴ درصد آن در فصل بهار، ۰/۵ درصد آن در تابستان، ۳۰/۳ درصد آن در پاييز و ۵۵/۲ درصد آن در زمستان نازل مي‌شود. تيپ گياهي غالب ايستگاه بوته-علفزار است كه در آن گونه‌هاي *Centaurea sp.*، *Acanthophyllum sp.*، *Scariola orientalis* و *Stipa barbata* جزء گونه‌هاي غالب هستند. ساير گياهان همراه عبارتند از *Onobrychis melanotricha*، *Bromus tomentellus*، *Astragalus cyclophyllon* و *Cousinia cylindrical*.

با توجه به اقليم يكسان (طبق طبقه‌بندي‌هاي مختلف اقليمي) و قرق بودن ايستگاه‌ها و با عنايت به حضور مشترک گونه *O. melanotricha* و وجود ايستگاه‌هاي هواشناسي، دو ايستگاه تحقيقاتي شهيد حمزوي و سد زاينده رود به منظور بررسي مرحلة رويشي گونه مذكور با استفاده از روش درجه روز رشد انتخاب گرديد.

به‌منظور مطالعه مرحلة رويشي گونه *O. melanotricha* در هر ايستگاه مطالعاتي تعداد ۱۰ پايه در امتداد دو ترانسكت عمود بر هم انتخاب شده و بوسيله پيكه‌هاي چوبي شماره گذاري گرديدند. به منظور ايجاد يكنواختي در اطلاعات كسب شده سعي گرديد پايه‌هاي منتخب از نظر قدرت رويشي، ارتفاع، قطر يقه و شادابي از وضعيت مشابهي برخوردار باشند. مشاهده و ركورد گيري از گونه‌هاي مورد مطالعه به فاصله زماني هر ۱۴ روز يكبار صورت گرفت. بدين ترتيب در پايان مطالعه، تاريخ ظهور و خاتمه هر رخداد رويشي براي گونه مذكور مشخص شد. همزمان با برداشت اطلاعات صحرايي، اطلاعات اقليمي مورد نياز در ايستگاه هواشناسي به صورت روزانه در سه نوبت ثبت گرديد.

با استفاده از اطلاعات درجه حرارت ثبت شده در هر ايستگاه مطالعاتي و با استناد به درجه حرارت پايه و مطالعات مرحلة رويشي انجام شده، اقدام به محاسبه ارزش درجه-روز رشد در طي مراحل مختلف مرحلة رويشي شد. شاخص مذكور از مجموع درجه حرارت‌هاي بالاتر از درجه حرارت پايه گياه بدست مي‌آيد و بيانگر مقدار واحد گرماي مؤثر روزانه براي نمو گياه مي‌باشد. از حاصل جمع واحدهاي حرارتي مؤثر روزانه، مجموع واحدهاي حرارتي يا مجموع درجه-روز رشد لازم براي هر مرحله رويشي گياه محاسبه مي‌شود. درجه-روز رشد به دو صورت مؤثر و فعال با استفاده از رابطه‌هاي زير محاسبه شد:

رابطه (۱) $\text{AGDD}_{\text{فعال}} = \sum\left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2}\right]$

رابطه (۲) $\text{AGDD}_{\text{مؤثر}} = \sum\left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}\right]$

در رابطه‌هاي بالا AGDD= درجه-روز رشد تجمعي لازم جهت تكميل شدن هر مرحله از مرحلة رويشي گياه، T_{max}= درجه حرارت حداكثر روزانه، T_{min}= درجه حرارت حداقل روزانه و T_{base}= درجه حرارت پايه است (Alm *et al.*, 1991). در رابطه ۱ منظور از درجه حرارت پايه (درجه حرارت حداقل يا صفر بيولوژيک) دمايي است كه در آن ميزان جوانه‌زني صفر است. براي تعيين درجه

حرارت پايه از روش پيشنهادي (Arnold, 1959) و (Jordan, 1989) كه مبتني بر تجزيه رگرسيون است، استفاده شد. بدين منظور بذر گياهان در محيطي كنترل شده، در درجه حرارتي ثابت (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتي‌گراد) و فتوپريودي ثابت كشت شد و سرعت نمو به‌صورت تابعي از درجه حرارت تعيين شد. بهترين خط حاكم بين درجه حرارت و سرعت نمو برازش شده و نقطه‌اي از خط مذكور كه با محور درجه حرارت برخورد كرد، به‌عنوان درجه حرارت پايه در نظر گرفته شد.

افزون بر اين، شاخص‌هاي واحد گرمايي و جوانه‌زني نيز محاسبه شد. مقدار گرماي مورد نياز به منظور رخداد ۵۰ درصد جوانه‌زني هر گونه گياهي، واحد گرمايي ناميده مي‌شود. واحد گرمايي از رابطه زير محاسبه مي‌شود:

$$H.u = \frac{1}{b}$$ رابطه (۳)

در اين رابطه H.u: مقدار گرماي مورد نياز به منظور رخداد ۵۰ درصد جوانه‌زني، b= شيب رابطه رگرسيون

از حاصلضرب ارزش واحد گرمايي بدست آمده براي گونه گياهي در درجه حرارت پايه همان گونه شاخص جوانه‌زني محاسبه مي‌شود.

$$GI = H.u * T_{base}$$ رابطه (۴)

كه در آن GI: شاخص جوانه‌زني، H.u: مقدار گرماي مورد نياز به منظور ۵۰ درصد جوانه‌زني و T_{base}: درجه حرارت پايه است.

براي مقايسه مقادير درجه-روز رشد بدست آمده طي مراحل مختلف مرحلة رويشي در دو ايستگاه مورد مطالعه از آزمون آماري t مستقل استفاده شد.

نتايج

توصيف انواع مرحلة رويشي گياه

مراحل مختلف مرحلة رويشي گونه *O. melanotricha* به شرح زير است:

شروع رشد: اين گونه رشد خود را از ابتداي فروردين ماه آغاز مي‌كند. در اين مرحله دماي محيط حداقل ۲- درجه سانتي‌گراد و حداكثر ۸ درجه سانتي‌گراد است.

رشد رويشي: از ابتداي فرودين ماه آغاز و تا دهه سوم ارديبهشت ماه با حدود ۵۰ روز. پايان آن با آغاز دورة خشكي منطبق است و كمترين و بيشترين دماي هوا به ترتيب صفر و ۱۸ درجه سانتي‌گراد است.

ظهور ساقه گل دهنده: از آغاز نيمه دوم ارديبهشت ماه شروع تا دهه اول خرداد ماه است و حدود سه هفته طول مي‌كشد. كمترين و بشترين دما به‌ترتيب ۵ و ۲۳ درجه سانتي‌گراد است.

گلدهي: از ابتداي دهه دوم خرداد ماه آغاز و تا پايان خرداد ماه ادامه دارد (حدود ۱۵ تا ۲۰ روز). اين مرحله با دوره خشكي همزمان بوده و دماي هوا كمترين ۶ درجه سانتي‌گراد و بيشترين ۲۸ درجه سانتي‌گراد است.

بذردهي: از اوايل دهه سوم خرداد ماه آغاز و تا نيمه اول تيرماه ادامه مي‌يابد. در اين دوره حداقل دما ۸ درجه سانتي‌گراد و حداكثر دما ۳۲ درجه سانتي‌گراد است.

ريزش بذر: مرحله ريزش بذر با حداكثر خشكي در محيط همراه مي‌شود و از نيمه دوم تير ماه آغاز و تا پايان مرداد ماه ادامه مي‌يابد. در اين مرحله حداقل دماي هوا ۱۵ درجه سانتي‌گراد و حداكثر دما ۳۵ درجه سانتي‌گراد است.

درجه حرارت پايه

نرخ جوانه‌زني بذور *O. melanotricha* و زمان مصادف با ۵۰ درصد جوانه‌زني اين گونه تحت تيمارهاي حرارتي (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵) درجه سانتي‌گراد تعيين شد. زمان‌هاي وقوع به‌ترتيب ۵/۵۶۱، ۳، ۱/۹۲ و ۱/۵۲۰۶ روز مي‌باشد. چون سرعت نمو را به‌صورت معكوس زمان وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زني محاسبه مي‌كنند، مقادير سرعت نمو تيمارهاي حرارتي به‌ترتيب ۰/۱۷۹۸، ۰/۳۳۳، ۰/۵۱۴۵ و ۰/۶۷۵ در روز مي‌باشد. اگر درجه حرارت را به‌عنوان متغير مستقل (x) و سرعت نمو به‌عنوان متغير وابسته (y) در نظر گرفته شوند، با استفاده از رگرسيون ساده مشخص خواهد شد كه درجه حرارت پايه براي اين گونه گياهي برابر ۴/۴۴ درجه سانتي‌گراد است.

$$y = -0.14351 + 0.032262x \qquad (r = ۰/۹۹)$$

واحد گرمايي

واحد گرمايي مقدار گرماي مورد نياز به منظور وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زني است و از معكوس كردن شيب خط رگرسيون حاصل مي‌شود. به‌اين ترتيب مقدار گرماي مورد نياز به منظور وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زني گونه مورد مطالعه برابر ۳۱ درجه-روز مي‌باشد. به منظور تعيين ارزش واحد گرمايي از معادلات زير نيز مي‌توان استفاده كرد:

درجه حرارت پايه - ميانگين درجه حرارت روزانه = گرماي مؤثر روزانه (درجه-روز رشد مؤثر روزانه)

تعداد روز لازم به منظور وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زني * گرماي مؤثر روزانه = واحد گرمايي

بر پاية اين رابطه مقدار گرماي مورد نياز به منظور وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زني گونه *O. melanotricha* تحت تيمارهاي حرارتي (۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتي‌گراد) به قرار زير است:

درجه روز (۱۰-۴/۴۴)*۵/۵۶۱۸=۳۰/۹

درجه روز (۱۵-۴/۴۴)*۳=۳۱/۶۸

درجه روز (۲۰-۴/۲۷)*۱/۹۴۳=۳۰/۲۳

درجه روز (۲۵-۴/۴۴)*۱/۵۲=۳۱/۲۵

بر اساس ميانگين نتايج بدست آمده، مقدار گرماي مورد نياز به منظور وقوع ۵۰ درصد جوانه‌زني گونه *O. melanotricha* معادل ۳۱ درجه-روز است كه با مقدار واحد گرمايي محاسبه شده با رابطه ۳ برابري مي‌كند.

شاخص جوانه زني

شاخص جوانه‌زني گونه *O. melanotricha* برابر ۱۳۶/۳۸ است.

درجه-روز رشد

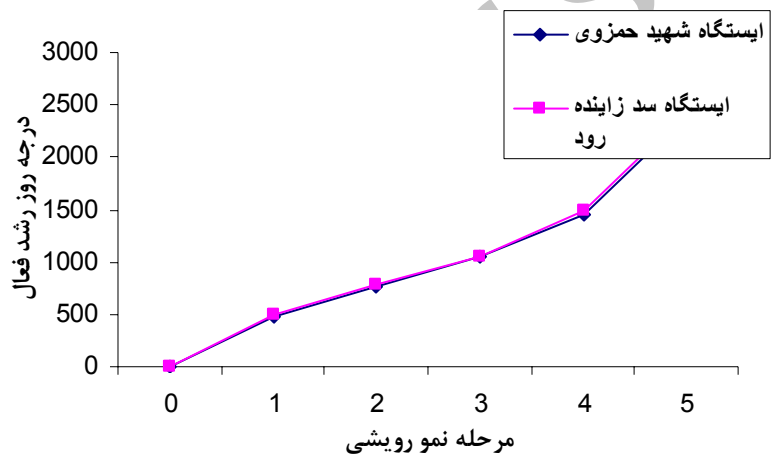
با استفاده از رابطه‌هاي (۱) و (۲) ميزان درجه-روز رشد فعال و مؤثر در مراحل مختلف مرحلة رويشي گونه مورد مطالعه در دو ايستگاه شهيد حمزوي و سد زاينده‌رود محاسبه شد كه نتايج آن در جدول‌هاي ۱ و ۲ و شكل‌هاي ۱ و ۲ مشاهده مي‌شود. بر پاية شكل‌هاي مذكور، منحني‌هاي درجه-روز رشد (GDD) ترسيم‌شده متعلق به گونه *O. melanotricha* در دو ايستگاه شهيد حمزوي و سد زاينده رود بر هم منطبق است. نتايج آزمون آماري نيز عدم وجود اختلاف معني‌دار بين منحني‌ها را در سطح ۵ درصد تأييد مي‌كند.

جدول ۱- مشخصات مراحل نمو رويشي گونه ***O. melanotricha*** در ايستگاه شهيد حمزوي

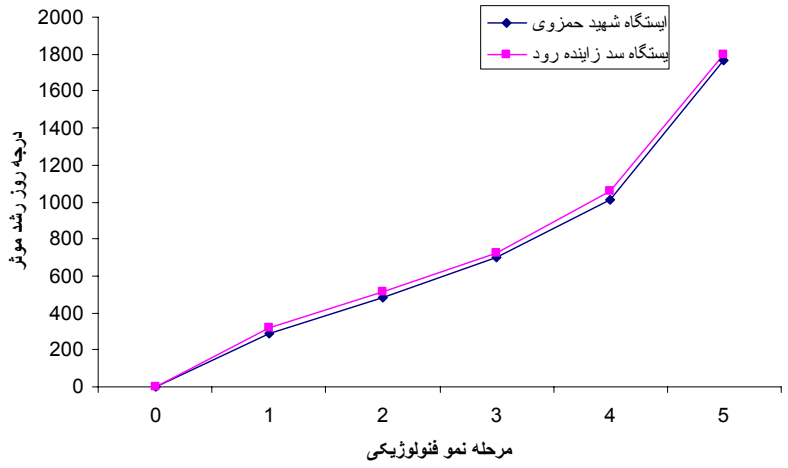
مرحله نمو مرحلة رويشي	تعريف	تاريخ وقوع	مدت وقوع (روز)	مدت وقوع از شروع رشد (روز)	درجه-روز رشد تجمعي	
					فعال	موثر
۰	شروع رشد	۱/۵	۰	۰	۰	۰
۱	پايان رشد رويشي و ظهور ساقه گل دهنده	۲/۲۱	۴۷	۴۷	۴۷۶	۱۹۰
۲	پايان تشكيل ساقه گل دهنده و شروع گلدهي	۳/۱۰	۲۰	۶۷	۷۶۹	۴۸۵
۳	پايان گلدهي و شروع بذردهي	۳/۲۵	۱۵	۸۲	۱۰۴۳	۶۹۸
۴	پايان بذردهي و شروع ريزش بذر	۴/۱۵	۲۱	۱۰۳	۱۴۴۳	۱۰۱۵
۵	پايان ريزش بذر	۵/۳۰	۴۶	۱۴۹	۲۳۸۵	۱۷۷۰

جدول ۲- مشخصات مراحل نمو رویشي گونة ***O. melanotricha*** در ایستگاه سد زاینده‌رود

مرحله نمو مرحلة رویشي	تعریف	تاریخ وقوع	مدت وقوع (روز)	مدت وقوع از شروع رشد (روز)	درجه-روز رشد تجمعي	
					فعال	موثر
۰	شروع رشد	۱/۱	۰	۰	۰	۰
۱	پایان رشد رویشي و ظهور ساقه گل دهنده	۲/۱۷	۴۷	۴۷	۴۹۰	۳۲۰
۲	پایان تشکیل ساقه گل دهنده و شروع گلدهي	۳/۵	۱۹	۶۶	۷۸۰	۵۱۰
۳	پایان گلدهي و شروع بذردهي	۳/۲۰	۱۵	۸۱	۱۰۵۰	۷۲۰
۴	پایان بذردهي و شروع ریزش بذر	۴/۹	۲۰	۱۰۱	۱۴۸۲	۱۰۶۰
۵	پایان ریزش بذر	۵/۲۰	۴۲	۱۴۳	۲۴۲۰	۱۸۰۰



شکل ۱– رابطه بین مراحل نمو و درجه-روز رشد فعال گونه ***O. melanotricha*** در ایستگاه‌هاي مورد مطالعه



شکل ۲– رابطه بین مراحل نمو و درجه-روز رشد مؤثر گونه ***O. melanotricha*** در ایستگاه‌هاي مورد مطالعه

بحث و نتيجه‌گيري

نتايج نشان مي‌دهد كه گونه *O. melanotricha* رشد خود را از ابتداي فروردين ماه آغاز وتا دهه سوم ارديبهشت ماه ادامه دارد. گلدهي از ابتداي دهه دوم خرداد ماه آغاز شده و تا پايان خرداد ماه ادامه مي‌يابد. رسيدن بذر اين گونه از اوايل دهه سوم خرداد ماه آغاز شده و تا نيمه اول تير ماه ادامه دارد. ريزش بذر از نيمه دوم تيرماه آغاز شده و تا پايان مرداد ماه ادامه مي‌يابد.

درجه حرارت پايه براي گونه *O. melanotricha*، ۴/۴۴ درجه سانتي‌گراد است. درجه حرارت پايه بيانگر دمايي است كه در آن سرعت نمو معادل صفر است و جزو درجه حرارت‌هاي اصلي براي گياهان محسوب مي‌شود و عده‌اي آن را صفر بيولوژيک معرفي كرده‌اند (Horak & Wax, 1991). واحد گرمايي گونه مورد مطالعه ۳۱ درجه-روز مي‌باشد كه براي هر گونه گياهي مقدار ثابت بوده و جزء صفات پايدار و دائمي آن جمعيت محسوب مي‌شود (Jordan *et al.*, 1989). از واحد گرمايي به‌عنوان شاخص جوانه‌زني ياد مي‌شود. بذر آن دسته از گياهاني كه نياز به واحد گرمايي كمتري دارند، از سرعت رشد بيشتري برخوردارند. مقدار شاخص جوانه‌زني براي گونه *O. melanotricha*، ۱۳۶/۳۸ است. علاوه بر واحد گرمايي، درجه حرارت پايه نقش مهمي در جوانه‌زني گياهان ايفا مي‌كند. اثر تلفيقي اين دو عامل را مي‌توان به‌صورت حاصلضرب آنها نشان دادند (Ghersa *et al.*, 1995).

مقدار واحد گرمايي (درجه-روز) معيني لازم است تا گياه مورد نظر به مرحله‌اي از نمو وارد شود. بر همين اساس از درجه-روز رشد (GDD) براي پيش‌بيني تاريخ وقوع مراحل رويشي گياهان استفاده مي‌شود (Alm *et al.*, 1991). بين مقدار درجه-روز رشد محاسبه شده در دو ايستگاه شهيد حمزوي و سد زاينده رود اختلاف معني‌داري وجود ندارد و آنها را مي‌توان به‌عنوان GDD واحد در نظر گرفت.

به منظور پيش‌بيني تاريخ مراحل نمو مرحلة رويشي گياهان با استفاده از درجه-روز رشد نرمال از روش روندیابي منحني و انترپولاسيون استفاده مي‌شود. در استفاده از اين روش كافي است مراحل اوليه نمو رويشي گونه مورد نظر در صحرا ديده‌باني شود، ساير مراحل نمو رويشي از طريق روندیابي منحني و استفاده از انترپولاسيون مشخص مي‌گردد.

با مشخص كردن رابطه درجه-روز رشد با مراحل نمو رويشي گياهان مي‌توان طول دوره چرا و مدت زمان وقوع هر مرحله مرحلة رويشي را پيش‌بيني نموده و همچنين با بهره‌گيري از فناوري سيستم اطلاعات جغرافيايي (GIS) و داده‌هاي هواشناسي اقدام به ترسيم منحني‌هاي ايزوفون (هم درجه-روز) كرد. منحني‌هاي ايزوفون در حقيقت مكان هندسي نقاطي هستند كه داراي درجه-روز رشد يكسان بوده و بالطبع بر وقوع پديده‌هاي رويشي يكساني دلالت مي‌كنند. با ترسيم چنين منحني‌هايي در مقياس وسيع، مديريت مرتع قادر خواهد بود پيش‌بيني كند كه در هر يک از ايام سال در نواحي مختلف، هر گونه گياهي در چه مرحله رويشي قرار دارد.

References

- Ahmadian Tabasi, J., 2002. Investigation on climatic condition of Mashhad, Scientific National of Climatology Press, 150p.
- Alm, D. M., McGiffen, J. R., Hesketh, J. D., 1991. Weed phenology. In: Hodges, T. (Ed.), Predicting Crop Phenology. Boca Raton, FL, USA CRC Press, 191-218.
- 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.
- Benvan, M.T, Mesdaghi M., Malek, A., 1975. Phenology of range plant species in semi-steppic region, Research Institute of Forest and Rangelands, 13.
- Blackshaw, R.E., Harker, K.N., 1997. Scentless chamomile (*Matrcaria perforata*) growth, development, and seed productin. Weed Sciance 45, 701-705.

- Boyer, W.D., 1973. Air temperature, heat sums, and pollen shedding phenology of long leaf pine, Journal of Ecology 54, 420-426.
- Frank, A.B., 1991. Morphology, Cal development of crested and western wheat grass flowering grazing, Agronomy Journal 38, 826-828.
- Ghasriani, F., 1999. Investigation on phenology of plant species in Kordestan province. Research Institute of Forests and Rangelands. 80 pp.
- Ghersa, C.M., J.S., Holt, 1995. Using phenology prediction in weed management, a review. Weed Research 35, 461-470.
- Harrison, T.J., 1994. Regrowth of smooth brome grass flowering defoliation, Journal of Plant Science 74, 531-537.
- Holt, E.C., 1987. Growth of introduced temperature legumes in the Edwards plateau and south Texas plains, Journal of Range Management 40, 132-135.
- Horak, M.J., L.M., Wax, 1991. Growth and development of bigroot morningglory (*Ipomoea pandurata*). Weed Tech., 5, 805-810.
- Hunter, A.F., 1992. Predicting the timing of budburst in temperature trees, Journal of Applied Ecology 29: 597-604.
- Jordan, L., Gilbert, Haferkamp, M., R., 1989. Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs, Journal of Range Management 42, 41-45.
- Keith, T., 2001. A method to incorporate phenology into land cover change analysis, Journal of Range Management 54, 22-30.
- Mc Giffen, M. E., Masiunas, J. B., 1992. Prediction of black and eastern black nightshade (*Solanum nigrum and S. ptycanthum*) growth using degree-days. Weed Science 40, 86-89.
- Modir Shanechi, M., 1994. Manual of plant ecology. Emam Reza University press, 509pp.
- Moghaddam, M.R., 2001. Range and range management. Tehran university press, 470pp.
- Sadeghian, S., Tayebi Khorami, M., Habibian, S.H., 2002. Investigation on phenology of range species in enclosure of Dehbid, Proceeding of Iranian National Rangeland, 483-489 pp.
- Saidfar, M., 2001. Investigation on plant phenology in Hanna-Semirom. Iranian Journal of range and desert research, 7(2): 78-90.
- Salehi, H., Hovizeh, H., 1998. Phenology of range plant species in steppic and semi-steppic regions of Khosestan province, Research Center of Natural recourses, 120pp.
- Sobrero, M.T., Sabbatini, M.R., Fernandez, O.A., 1997. Phenology and biomass dynamics of cattail (*Typha subulata*) in southern Argentina. Weed Science 45, 419-422.
- Wang, R., Bai, Y., 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.
- 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.

Effects of Growing Degree-Day on Phenology of *O.melanotricha*

H. Azarnivand*[1], M. Tarkesh Esfahani[2], M. Basiri[3], M.A. Zare Chahouki[1] and M. Saidfar[4]

[1] Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, I.R. Iran

[2] Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R. Iran

[3] Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, I.R. Iran

[4] Scientific member, Agriculture and Natural Resources Research Center of Isfahan Province, Isfahan, I.R. Iran

(Received: 13 May 2009, Accepted: 10 January 2011)

Abstract

In agriculture, accumulated growing degree - day is commonly used to predict crop development, classify species and hybrids as to maturity data and evaluate climate for crop suitability, but relationships between accumulated degree day and phonological development of range species have received less attention. This research tested the hypothesis that phenological development is related to accumulated degree- day and that these relationships are stable over environment. Therefore this study was conducted in two different field studies on *O. melanotricha*. 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 phonological development and growing degree-day is especially useful for grazing management.

Keywords: *Onobrychis melanotricha,* Growing degree -day, Phenological stages

*Corresponding author: Tel: +98 26 32249313 Fax: +98 26 32249313 E-mail: hazar@ut.ac.ir