نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۸۵-۳۶۸

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 368-385

برآورد نیاز درجه - روز رشد مراحل فنولوژیکی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) بر اساس مقیاس BBCH در نظام‌های زراعی مختلف (نظام رایج و اکولوژیک)

سید مهدی جوادزاده[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*]، محمد بنایان اول[۲] و جواد اصیلی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۰۵

جوادزاده، م.، رضوانی مقدم، پ.، بنایان اول، م.، و اصیلی، ج. ۱۳۹۷. برآورد نیاز درجه - روز رشد مراحل فنولوژیکی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) بر اساس مقیاس BBCH در نظام‌های زراعی مختلف (نظام رایج و اکولوژیک). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۰(۲): ۳۸۵-۳۶۸.

چکیده

بررسی فنولوژی گیاهان دارویی برای تنظیم برنامه‌های بهره‌برداری، مواد مؤثر، جمع‌آوری بذرها، مبارزه با آفات، جلوگیری از برداشت‌های بی‌موقع، از بین بردن علف‌های‌هرز در مراحل مختلف فنولوژی حائز اهمیت است. هر گیاه برحسب شرایط آب و هوایی برای دوره حیات خود نیاز به کسب مقدار معینی حرارت دارد. در این پژوهش مراحل فنولوژیکی چای ترش و نیازهای حرارتی آن در منطقه ایرانشهر طی سال‌های ۹۲-۱۳۹۱ بررسی‌شده است. یافته‌های این تحقیق نشان داد که برحسب دمای مؤثر طول دوره فعالیت بیولوژی چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.) در این منطقه ۱۸۳ روز می‌باشد که در این مدت گیاه در مجموع به ۵۰۱۳/۸۴ درجه-روز رشد حرارت در مراحل فنولوژیکی نیاز دارد. طی این دوره نه مرحله فنولوژی بر اساس مقیاس BBCH به ثبت رسید که عبارت بودند از جوانه‌زنی، توسعه برگ‌ها، تشکیل شاخه‌های فرعی، افزایش طول ساقه اصلی، ظهور گل‌آذین، گلدهی، نمو غوزه‌ها، رسیدن کاسبرگ‌ها و دانه‌ها و مرحله پیری که به‌ترتیب در هر مرحله به ۱۵۳، ۱۰۵۱، ۵۰۱، ۵۰۶، ۵۸۳، ۷۳۰، ۸۹۲، ۳۴۹ و ۲۴۶ درجه-روز رشد نیاز دارد. به‌دلیل وجود دماهای بالا در طول دوره رشد چای ترش، این گیاه با سرعت بیشتری مراحل فنولوژیکی خود را طی نموده و به بلوغ فیزیولوژیکی رسید. با توجه به نتایج حاصله به‌نظر می‌رسد افزایش بقایای گیاهی در سطح خاک باعث افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در خاک و کاهش دمای محیط خاک شده که خود باعث تأخیر در وقوع مراحل فنولوژیکی گیاه شده است.

واژه‌های کلیدی: رشد رویشی، گلدهی، نیازهای حرارتی، ویژگی‌های اقلیمی

مقدمه

فنولوژی در لغت از کلمه Phenomenology به معنی پدیده‌شناسی گرفته‌شده است. فنولوژی یا پدیده‌شناسی یکی از مباحث علم اکولوژی است که در آن دوره زندگی گیاه از زمان شروع رویش تا خواب دائم زمستانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. در طول زندگی گیاه وقایع مهمی همچون جوانه‌زدن بذر، رشد رویشی، تشکیل میوه و انتشار بذر وجود دارد. مطالعه و بررسی تاریخ و زمان این وقایع، فنولوژی یا زیست‌گرد نام دارد، به‌عبارت‌دیگر فنولوژی تقویم وقایع تاریخ زندگی گیاهان است (Modir Shanechi, 1994). مطالعه فنولوژی گونه‌های گیاهی با اهداف متفاوتی انجام می‌شود. در بهره‌برداری از گیاهان دارویی نیز دانستن مراحل مختلف حیاتی گیاهان ضروری است، زیرا ترکیبات مؤثره گیاهان از نظر کمی و کیفی در طول دوره رشد دچار تغییر و تحول می‌گردند. پیش‌بینی صحیح مراحل فنولوژی گیاه زراعی برای بهینه‌سازی فعالیت‌های مدیریتی در مزرعه و سازگاری بهتر تقویم زراعی با نظام‌های اگرواکولوژیک خاص، بسیار مهم می‌باشد (Khanal, 2005). با تعیین مراحل فنولوژی در هر منطقه و دانستن نیاز حرارتی هر مرحله

۱، ۲و ۳ - به‌ترتیب دانشجوی دکتری اگرواکولوژی و استادگروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استاد گروه فارماکوگنوزی، دانشکده داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: rezvani@um.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v10i2.38318

فنولوژی و کل دوره رشد گیاه می‌توان بسیاری از مسائل بـه زراعـی از جمله تاریخ کاشت مناسب، آبیاری به‌موقـع، زمـان مناسـب برداشـت، زمان مناسب مبارزه با آفات و بیماری‌هـا و انتخـاب ارقـام مناسـب در بهتـرین زمـان ممکـن انجـام شـود (Koocheki & Nassiri Mahallati, 1992). به‌هرحال فنولوژی علمی است که به کمـک آن می‌توان تغییرات فصلی و مورفولوژی را در گیاهان بررسـی نمـود. بـا آگاهی از فنولوژی گیاهان دارویی، می‌توان مناسب‌ترین زمان برداشت و مدت استفاده از آن را تعیین کرد.

استفاده از کدهای ویژه برای توصیف مراحـل فنولـوژی گیاهـان، دارای یک شـیوه طـولانی در علـوم کشـاورزی اسـت (Zadoks et al.,1974).

سیستم کدبندی BBCH[1]، دارای یک جدول ۱۰۰ قسمتی از ۰ تـا ۹۹ که برای مراحل مختلف رشد گیاهان طراحی‌شـده اسـت. در ایـن سیستم مراحل رشد به دو دوره اصلی و فرعی تقسیم می‌شوند. مراحل اصلی از ۰ تا ۹ و هر یک از مراحل اصلی به مراحل ثانویه از ۱ تـا ۹۹ ادامه می‌یابد (Munger et al., 1998).

تاکنون، مقیاس BBCH برای بسیاری از محصولات مانند غلات، کلـزا (*Brassica napus L.*) حبوبـات توسـط لنکشـایر و همکـاران (Lancashire et al., 1991)، چغنـدر (*Beta vulgaris* L.) توسـط مایر و همکـاران (Meier et al., 1994)، سـیب‌زمینـی (*Solanum tuberosum* L.) توسـط هـک و همکـاران (Hack et al., 1993)، درختان میوه هلـو (*Prunus serrulata* Lindl.) و سـیب (*Malus domestica* Borkh.) توسـط مـایر و همکـاران (Meier et al., 1994)، انگـور (*Vitis vinifer* L. ssp. Vinifera.) توسـط لـورنز و همکـاران (Lorenz et al., 1994)، مرکبـات توسـط آگوسـتی و همکـاران (Agustí et al., 1997)، ازگیـل ژاپنـی (*Eryobotria japonica* thumb. lindl.) توسـط مـارتینز-کـالوو و همکـاران (Martinez-Calvo et al., 1999)، زیتـون (*Olea europea* L.) توسـط سـانز-کـورتس و همکـاران (Sanz-Cortés et al., 2002)، گواوا (*Psidium guajava* L.) توسط سالازار و همکاران (Salazar al., 2006)، کیـوی (*Actinidia deliciosa* Hayward.) توسـط سالینیرو و همکاران (Salinero et al., 2009) و انبه (*Mangifera indica* L.) توسـط راجـان و هرنانـدز (Rajan et al., 2011; Hernández Delgado et al., 2011) مورد بررسی قرارگرفته است.

به‌رغم پیشرفت‌های فن گسترده در کشاورزی هنوز اقلـیم یکـی از عوامل تعیین‌کننده عملکرد در گیاهان می‌باشد. دما، رطوبت و تشعشع عوامل اصلی تعیین‌کننده رشد گیـاه هسـتند (Reddy et al., 1997). عوامل متعددی بر روی تاریخ وقوع مراحل فنولـوژیکی گیاهـان مـؤثر هستند. رطوبت، باد، مقدار و نوع بارش، رژیم و نحوه پراکنش بـارش، دما و طول روز به‌عنـوان مهـم‌تـرین عوامـل اقلیمـی مـؤثر بـر روی فنولوژی گیاهان می‌باشند (Keith,2001).

پژوهشـگرانی از قبیـل ویـت (White, 1972)، بـایر (Boyer, 1973)، هلت و هافرکاپ (Holt & Haferkamp, 1987)، جـردن و همکـاران (Jordan et al., 1989)، تومـاس (Thomson, 1990)، هـانتر و لیچیـر (Hunter & lechwicz , 1992)، هاریسـون (Harrison & Romo, 1994) و وانگ و همکاران (Wang et al., 2004) بیان کرده‌اند که از بین عوامل محیطی، عوامل اقلیمی به‌ویژه درجه حرارت بیشترین اثر را بر روی نمو گیاه از جمله بر طـول دوره رویش و مراحل فنولوژیکی گیاهان دارد، دما یکـی از عوامـل اولیـه کنترل‌کننده سرعت رشد ونمو در گیاهان مـی‌باشـد (Reddy et al., 1993) در حقیقت دما به‌عنوان یک عامل بوم‌شناسی به دو صـورت مستقیم و غیرمستقیم بر روی گیاهان تأثیر می‌گذارد. دما بـه‌صـورت مستقیم بر همه اعمال حیاتی گیاهان و شدت متابولیسـم آن‌هـا اثـر گذاشته و به‌صورت غیرمستقیم با تأثیری که بر روی عوامـل حیـاتی دیگر از جملـه مقـدار آب در دسـترس گیـاه دارد، بـه‌عنـوان یکـی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده در اسـتقرار گیاهـان منـاطق خشـک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Thompson, 1990).

سینکلر (Sinclair, 1994) نشان داد که دما مهم‌ترین عامل نمو گیاه به شمار می‌رود و اهمیـت ایـن عامـل در پیشـرفت مراحـل نمـو مدت‌هاست که شناخته‌شده است. دما عامـل اصـلی زمـان گلـدهی و مدت‌زمان باز بودن آن‌ها است. پیش‌بینی زمان گلدهی گیاه در مقایسه با تخمین وقوع مراحل دیگر رشد و نموی از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا اگر زمان گلدهی قابل پیش‌بینی باشد مدیریت زمانی مزرعه شامل تاریخ کاشت و برداشت، بهتر مشخص می‌گردد (Iannucci et al., 2008; Wien, 1997). مراحـل فنولـوژیکی در گیاهـان زراعـی تحت تأثیر دما، فتوپریود و بهاره‌سازی قرار مـی‌گیرنـد (Gonzalez, 2002; Streck et al., 2003). در گیاهان زراعی سرمادوسـت ماننـد گندم و کلزا مراحل نموی گیاه تحت تأثیر هر سه عامل قرار می‌گیرند

1- Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry

(Habekotte, 1997; Wang & Engel, 1998; Kirby et al., 1999) و در گیاهان گرمادوست مراحل نموی به‌طور عمده تحت تأثیر دما و فتوپریود می‌باشند، اما در گیاهان گرمادوست غیرحساس به طول روز، مراحل نمو به‌طور عمده به‌وسیله دما کنترل می‌شوند.

برای مقایسه مراحل مختلف نمو محصولات مختلف در مکان‌های متفاوت (به‌دلیل اختلاف در شرایط محیطی)، استفاده از واحد تعداد روز از دقت کافی برخوردار نیست، درحالی‌که استفاده از واحد گرمایی[1] نسبت به تعداد روز برای تعیین زمان و دوام مراحل نمو در مکان‌ها و سال‌های مختلف از دقت بالاتری برخوردار است، زیرا شرایط از سالی به سال دیگر و از محلی به محل دیگر تغییر می‌کند (Aiken, 1985).

لذا تجزیه و تحلیل مراحل مختلف رشد و نمو بر مبنای شاخص حرارتی نسبت به تقویم زمانی از دقت بیشتری برخوردار است؛ بنابراین، هر گیاه زمانی به مرحله معینی از نمو می‌رسد که مقدار مشخصی حرارت از محیط گرفته باشد که به‌صورت واحد گرمایی یا درجه روز -رشد[2] بیان می‌شود که این مسئله صرفاً تابع ژنوتیپ است (Gilmour & Rogers, 2005).

درجه- روز رشد (GDD) یکی از مهم‌ترین شاخص‌های حرارتی برای تعیین مراحل مختلف رشد و نمو در گیاهان، می‌باشد (Derschieid & Lytle, 2002; Dwyer et al., 1999; Lannucci et al., 2008). درجه روز- رشد (GDD) که واحدهای درجه رشد[3] (GDUs) نیز نامیده می‌شود، ابزاری برای پی بردن به مراحل فنولوژی است. درجه روز-رشد (GDD) واحدهای مورد استفاده در اندازه‌گیری تجمع حرارت در طول زمان هستند که اگر برای گیاهی در یک نقطه روی کره زمین محاسبه گردد قابل‌تعمیم برای سایر نقاط خواهد بود. در کشاورزی به‌طور معمول از درجه-روز رشد تجمعی به‌منظور پیش‌بینی نمو محصولات، طبقه‌بندی گونه‌ها و هیبریدها، از نظر تاریخ رسیدن محصول (پیش‌بینی زمان گل‌دهی و میوه دادن)، کنترل آفات و سم‌پاشی و ارزیابی اقلیم منطقه به‌منظور تعیین شایستگی محصول استفاده می‌شود.

می‌یر و همکاران (Meier et al., 2008) مراحل فنولوژی نوعی رز وحشی (*Rosa* sp.) را به ۱۰ مرحله اصلی (BBCH) تقسیم و مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه مراحل رشد رز شامل جوانه‌زنی، نمو برگ، تشکیل شاخه‌های فرعی، طویل شدن ساقه اصلی، توسعه بخش‌های رویشی قابل‌برداشت گیاه، ظهور گل‌آذین، گل‌دهی، نمو میوه، رسیدن و رکود بود که با کدهای ۰ تا ۹ مشخص‌شده است.

پاسیان و لتس (Pasian & Lieth,1996) گزارش دادند که سرعت جوانه زدن رز کارمیا (*Rosa hybrid* L.) از مرحله رشد جوانه‌ها تا برداشت با دمای بین ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور خطی افزایش می‌یابد. همچنین آن‌ها میزان تجمع حرارتی[4] (میزان واحد حرارتی انباشته) مورد نیاز، از مرحله جوانه زدن تا برداشت را، برای رزهای هیبرید (*Rosa hybrid* L.) کارامیا (*Rosa cramia*)،رویالتی (*Rosa royalty*) سونیا (*Rosa sonia* Meilland.) به‌ترتیب ۵۱۰، ۵۸۰ و ۵۴۵ درجه- روززشد برآورد کردند.

بر اساس بررسی‌های صورت گرفته در ایران مناطق عمده کشت چای ترش استان‌های کرمان، هرمزگان، سیستان و بلوچستان می‌باشند. از نظر سطح زیر کشت و تولید محصول، استان سیستان و بلوچستان بالاترین رتبه را در بین این استان‌ها دارد، این محصول کشاورزی به‌دلیل این‌که در بسیاری از تولیدات صنعتی، دارویی و آرایشی کاربردهای فراوانی دارد و شرایط اقلیمی در کیفیت محصول حاصل از چای ترش به‌عنوان یک گیاه دارویی مؤثر است و رابطه بین درجه-روز رشد تجمعی و نمو فنولوژیکی گونه‌های دارویی کمتر مورد توجه قرارگرفته است. لذا با هدف یافتن نیازهای حرارتی چای ترش در نظام‌های زراعی مختلف در شرایط آب و هوایی ایرانشهر این طرح به مرحله اجرا درآمد تا بر اساس آن بتوان نیازهای حرارتی مراحل مختلف رشد و نمو چای ترش را مشخص و پایه‌ای برای تعیین تقویم کشت آن در منطقه باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایرانشهر (با موقعیت جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی و ۶۰ درجه و ۴۰ دقیقه طول شرقی با ۵۹۱ متر ارتفاع از سطح دریا) در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. در این تحقیق اثرات دو عامل به‌صورت طرح کرت‌های نواری (استریپ پلات) در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفت.

1- Heat unit
2- Growing degree days (GDD)
3- Growing degree units
4- Thermal accumulation

فاکتورهای موردمطالعه شامل، نظام‌های مختلف زراعی در ۴ سطح (نظام پر نهاده، متوسط نهاده، کم نهاده و اکولوژیک) و کاه و کلش در چهار سطح (شاهد، ۲ تن بقایای گیاهی در هکتار، ۴ تن بقایای گیاهی در هکتار، ۶ تن بقایای گیاهی در هکتار) در نظر گرفته شدند پس از مشخص نمودن زمین، آزمایش خاک از عمق ۰ تا ۶۰ سانتی‌متر، جهت تعیین مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک صورت گرفت (جدول ۱) و پس‌ازآن مراحل

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی نمونه خاک مزرعه جهت انجام آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of field soil and manure used in experiment

عمق (سانتی-متر) Dept (cm)	بافت Texture	نیتروژن (%) N (%)	کربن (%) آلی OC (%)	پتاسیم (میلی‌گرم برکیلوگرم) K (mg.kg $^{-1}$)	فسفر (میلی‌گرم برکیلوگرم) P (mg.kg $^{-1}$)	هدایت الکتریکی دسی‌زیمنس بر (متر) EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH
0-30	شنی Sand	0.01	0.16	70	3	2.12	8.15
30-60	شنی Sand	0.01	0.12	50	2/3	1.11	8.45

آماده‌سازی زمین و کرت‌بندی انجام شد. کلیه عملیات زراعی و مصرف نهاده‌ها اعم از کاشت، داشت (جدول ۲) و برداشت برای هرکدام از نظام‌های زراعی و در زمان مناسب و معمول منطقه انجام شد. کود دامی (گاوی) کاملاً پوسیده قبل از کاشت به کرت اصلی دارای تیمار نظام زراعی اکولوژیک به میزان ۶۰ تن در هکتار در سطح خاک پخش شدند.

بر اساس مقدار عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کود دامی به کار رفته در نظام اکولوژیک، مقادیر کود شیمیایی مورد نیاز تعیین شد. کود شیمیایی نیتروژن (اوره ۴۶ درصد) نیز به‌صورت سرک در دو مرحله، نیمی پس از تنک کردن و نیمی دیگر قبل از اولین گلدهی به‌صورت سرک به خاک اضافه شد.

جدول ۲- میزان نهاده‌های مصرفی و عملیات زراعی لازم در نظام‌های مختلف زراعی

Table 2-The rate of consumption of inputs and agricultural operations require in different cropping systems

نظام اکولوژیک	بدون شخم + یک دیسک + لولر+ فاروئر +۱۰۰٪ کود دامی
Ecological system	No-_tillage + Disk + Leveler +Furrower + 100% Manure
نظام رایج با نهاده کم	یک شخم + یک دیسک + لولر+ فاروئر +۲۵٪ کود شیمیایی+ ۷۵٪ کود دامی
Conventional systems with low inputs	One-tillage + 0ne- Disk + Leveler +Furrower + 75% Manure + 25% NPK
نظام رایج با نهاده متوسط	یک شخم + دو دیسک + لولر+ فاروئر +۵۰٪ کود شیمیایی+۵۰٪ کود دامی
Conventional systems with average inputs	One-tillage + Two-Disk + Leveler +Furrower + 50% Manure +50% NPK
نظام رایج با نهاده زیاد	دو شخم + دو دیسک + لولر+ فاروئر +۱۰۰٪ کود شیمیایی
Conventional systems with high inputs	Two- tillage + Two-Disk + Leveler +Furrower + 100% NPK

کودهای شیمیایی فسفر (سوپر فسفات تریپل ۴۴ درصد) و پتاسیم (سولفات پتاسیم ۵۰ درصد) یک روز قبل از کاشت در سطح کرت‌های موردنظر اعمال شد. کشت به‌صورت ردیفی و بذور به فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف و ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها انجام شد. به‌منظور شناخت مراحل مختلف حیاتی چای ترش در نظام‌های زراعی مختلف در طول فصل رشد سه بوته مشخص و هر پانزده روز یک‌بار و در دوره‌های که فعالیت گیاه به‌کندی انجام می‌گرفت هر ۲۰ روز یک‌بار بازدید گردید و مراحل فنولوژی یادداشت شد. در این مطالعه از سیستم کدبندی BBCH استفاده گردید (Munger et al., 1998).

منطقه موردمطالعه دارای میانگین دما سالانه ۲۸ درجه سانتی‌گراد، سردترین ماه سال دی‌ماه (متوسط درجه حرارت ۱۰ درجه سانتی‌گراد) و گرم‌ترین ماه سال تیرماه (متوسط درجه حرارت ۴۵ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. میانگین دما در فصل بهار بین ۲۰ تا ۳۵، تابستان بین ۲۵ تا ۴۵، پاییز بین ۲۵ تا ۳۵ و زمستان بین ۱۵ تا ۲۵

درجه سانتی‌گراد است. ریزش‌های جوی در منطقه کم و نامنظم، اغلب به‌صورت باران و ندرتاً تگرگ است. بیشترین درصد بارندگی در زمستان روی می‌دهد و چون منطقه کوهستانی است به‌محض ریزش باران، جریان‌های سیلابی در مسیل‌ها و رودها دیده می‌شود. میانگین سالانه بارندگی حدود ۱۳۰ میلی‌متر است که ۱۸ درصد آن در فصل بهار، ۱۱ درصد آن در تابستان،۲۰ درصد آن در پاییز و ۵۱ درصد آن در زمستان می‌بارد (جدول ۳). میزان تبخیر از سطح طشتک بین ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ و میانگین پانزده ساله آن حدود ۴۴۰۲ میلی‌متر در سال می‌باشد. طبقه‌بندی اقلیم منطقه با استفاده از نرم‌افزار تعیین اقلیم انجام گرفت.

جدول ۳- مشخصات عناصر اقلیمی ایستگاه سینوپتیک ایرانشهر در سال ۱۳۹۲

Table 3 –Characteristics of climate factors of synoptic stations Iranshahr in the year 2013

ماه‌های سال Months / عناصر اقلیمی Climate factors	فروردین March	اردیبهشت April	خرداد May	تیر June	مرداد July	شهریور August	مهر September	آبان October	آذر November	دی December	بهمن January	اسفند February
میانگین حداکثر دما (درجه سانتی‌گراد) Average maximum temperature (°C)	32.3	37.7	42.8	45	42.1	42.1	39	30.8	24.8	18.4	20.6	27.7
میانگین حداقل دما (درجه سانتی‌گراد) Average minimum temperature (°C)	18.3	23.8	29.5	31.5	29.1	27.4	23.9	16.6	12.8	8.53	8.3	14.9
حداکثر مطلق دما (درجه سانتی‌گراد) Absolute maximum temperature (°C)	38.5	42.9	46.5	48.2	47.9	44.5	42.1	34.5	28.3	23.3	25.9	32.4
حداقل مطلق دما (درجه سانتی‌گراد) Absolute minimum temperature (°C)	12.2	18.2	25	27.2	24	21.9	20.1	11.8	6	-0.9	1.3	8
بارش (میلی‌متر) Rainfall (mm)	26.5	0	1.5	0	21.1	3.9	0	1	18.7	17.7	19/3	26.5

که در این معادلات، درجه- روز رشد (GDD) با استفاده از آمار هواشناسی و دمای حداکثر و حداقل روزانه در طی دوره رشد طبق روش پیشنهادی وین (Wien, 1997) محاسبه گردید. برای محاسبه حرارت موردنیاز مراحل فنولوژیکی گیاه، از دو روش متداول درجه- روزرشد مؤثر[1] و درجه-روز رشد فعال[2] استفاده شد. در روش درجه-روزرشد مؤثر، از دمای پایه یا بیولوژیکی گیاه استفاده گردید که دمای پایه برای چای ترش پنج درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد. تعیین درجه-روز رشد مؤثر با استفاده از معادله (۱) صورت می‌پذیرد. در روش درجه-روزرشد فعال، بیشتر دمای صفر درجه به‌عنوان دمای پایه مورداستفاده قرار گرفت. برای محاسبه درجه-روزرشد فعال نیز از معادله (۲) استفاده شد. AGDD: ضریب حرارتی یا درجه حرارت

معادله (۱)

$$EGDD=\sum_{i=1}^{n}\left[\left(\frac{T\ \max+T\ \min}{2}\right)-Tb\right]$$

معادله (۲)

$$\bar{T}=AGDD=\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{T\ \max+T\ \min}{2}\right)$$

$$GDD=\begin{cases}\bar{T} & \text{اگر} \quad T_b \le \bar{T} \le T_o \\ T_b & \text{اگر} \quad \bar{T} \ge T_{\max}, \bar{T} < T_b \\ T_o-(T_o-T_b)\left(\dfrac{\bar{T}-T_o}{T_{\max}-T_o}\right) & \text{اگر} \quad T_o < \bar{T} < T_{\max}\end{cases}$$

تجمعی یا درجه حرارت فعال روزانه و EGDD: درجه حرارت مؤثر روزانه و n: تعداد روز هر مرحله رشد می‌باشد.

$\bar{T}$: میانگین درجه حرارت روزانه (دمای متوسط) که به‌وسیله میانگین گرفتن درجه حرارت حداکثر و حداقل به‌دست می‌آید.

$\mathbf{T_{max}}$: دمای حداکثر روزانه (درجه حرارت ماکزیمم)، درجه حرارتی که بیشتر از آن نمو متوقف می‌شود.

1- Effective growing degree day
2- Active growing degree day

T_{min}: دمای حداقل روزانه (درجه حرارت مینیمم)، کمترین درجه حرارتی که گیاه قادر به رشد و نمو می‌باشد.

T_o: دمای مطلوب (درجه حرارت اپتیمم)، درجه حرارتی که گیاه می‌تواند در آن به‌خوبی رشد کند و T_b: دمای پایه (صفر فیزیولوژیکی یا بیولوژیک)، درجه حرارتی که در دمای پایین‌تر از این نقطه رشد آغاز نشده و یا متوقف می‌شود.

برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و تعیین ضرایب همبستگی از نرم‌افزارهای آماری SPSS Ver.17 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اقلیم منطقه بر اساس داده‌های اخذ شده از ایستگاه هواشناسی ایرانشهر در طی یک دوره آماری ۱۰ ساله، جزء مناطق بیابانی (روش گوسن)، خشک بسیار گرم با تابستان خشک، (روش کوپن) و بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و زمستان ملایم (روش کریمی)، منطقه بیابانی (روش آمبرژه) و خشک (روش دومارتن) است. طول دوره کاشت تا برداشت محصول از خردادماه شروع و تا پایان دی‌ماه به مدت شش ماه به طول انجامید. بررسی‌ها نشان داد که مراحل فنولوژیکی چای ترش بر اساس مقیاس BBCH به نه مرحله تقسیم می‌شود:

مرحله جوانه‌زنی

این مرحله عبارت است از تورم بذر تا سبز شدن، مرحله مذکور به هشت مرحله فرعی تقسیم می‌شود که این مراحل در جدول ۴ نشان داده‌شده است.

جدول ٤- مرحله صفر رشد اصلی: جوانه‌زنی

Table 4 -Principal growth stage 0: Germination

روزهای پس از کاشت DAP [1]	تاریخ Data	Code کد	توصیف Description
1	4/6/2013	00	بذر خشک Dry seed
1	4/6/2013	01	شروع تورم بذر Beginning of seed imbibition
2	5/6/2013	03	تورم کامل بذر Seed imbibition complete
3	6/6/2013	05	خروج ریشه‌چه از بذر Radicle emerged from seed
3	7/6/2013	06	طویل شدن ریشه‌چه Elongation of radicle
4	7/6/2013	07	محور زیر لپه با لپه‌ها از طریق شکستن پوسته بذر Hypocotyl with cotyledons breaking through seed coat
4	8/6/2013	08	محور زیر لپه با رشد لپه‌ها به سمت سطح خاک Hypocotyl with cotyledons growing towards soil surface
5	8/6/2013	09	سبز شدن: محور زیر لپه با لپه‌ها از طریق شکستن سطح خاک Emergence: hypocotyl with cotyledons breaking through soil surface

1- Days after planting

مرحله توسعه برگ‌ها

این مرحله با آشکار شدن نخستین جفت برگ حقیقی (طول برگ به‌اندازه ۲۰ میلی‌متر) آغاز می‌شود مرحله مذکور در تاریخ ۲۱ خردادماه مشخص گردید. در این مرحله نخستین جفت برگ باز و انـدازه بـرگ کامل نشد. برگ‌ها به رنگ سبز روشن هستند. ایـن مرحلـه در تـاریخ ۲۵ خرداد ماه مشاهده شد. سه برگی شدن (کـد ۱۳): سـومین جفـت برگ باز ولی اندازه برگ کامل نشـد. ایـن مرحلـه فنولـوژیکی در ۳۱ خردادماه روی داد. این مراحل در جدول ۵ نشـان داده شـد. میـانگین دمای روزانه برابر ۳۲/۴ درجه سانتی‌گراد و میـانگین دمـای حـداقل و حداکثر آن به ترتیب ۳۷/۲۵، ۴۳/۱ درجه سانتی‌گراد بود.

جدول ۵- مرحله (۱) رشد اصلی: توسعه برگ (ساقه اصلی)

Table 5- Principal growth stage 1: Leaf development (Main shoot)

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
8	11/6/2013	10	بازشدن کامل لپه Cotyledons completely unfolded
12	15/6/2013	11	بازشدن نخست برگ اصلی First true leaf unfolded
15	18/6/2013	12	بازشدن دومین برگ اصلی 2nd true leaf unfolded
18	21/6/2013	13	بازشدن سومین برگ اصلی 3rd true leaf unfolded
29	2/7/2013	1	ادامه مراحل Stages continuous
38	10/7/2013	19	بازشدن ۱۲ برگ واقعی 12 true leaves unfolded

مرحله تشکیل شاخه‌های فرعی

این مرحله با ظهور اولین شاخه فرعی آغاز، مرحله مذکور به چهار مرحله فرعی تقسیم مـی شـود کـه ایـن مراحـل در جـدول ۶ نشـان داده‌شده است.

جدول ٦- مرحله (۲) رشد اصلی: تشکیل شاخه‌های جانبی

Table 6- Principal growth stage 2: Formation of side shoots

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
41	14/7/2013	21	اولین شاخه فرعی رویشی قابل‌مشاهده First vegetative side shoot visible
44	17/7/2013	22	دومین شاخه فرعی رویشی قابل‌مشاهده 2 vegetative side shoots visible
47	20/7/2013	23	سومین شاخه فرعی رویشی قابل‌مشاهده 3 vegetative side shoots visible
54	27/7/2013	29	۸ فرعی قابل‌مشاهده 8 side shoots visible

مرحله افزایش طول ساقه اصلی

این مرحله عبارت است از افزایش طول سـاقه بـا پوشـش سـطح زمین، مرحله مذکور به ۹ مرحله فرعی تقسیم می‌شود که این مراحـل در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول ۷- مرحله (۳) رشد اصلی: افزایش طول ساقه اصلی (پوشش سطح)

Table 7–Principal growth stage 3: Main stem elongation (Area cover)

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
56	29/7/2013	31	شروع پوشش زراعی: ۱۰٪ از گیاهان بین ردیف Beginning of crop cover: 10% of plants meet between
58	31/7/2013	32	۲۰٪ از گیاهان بین ردیف 20% of plants meet between rows
60	2/8/2013	33	۳۰٪ از گیاهان بین ردیف 30% of plants meet between rows
63	5/8/2013	34	۴۰٪ از گیاهان بین ردیف 40% of plants meet between rows
65	7/8/2013	35	۵۰٪ از گیاهان بین ردیف 50% of plants meet between rows
67	9/8/2013	36	۶۰٪ از گیاهان بین ردیف 60% of plants meet between rows
68	10/8/2013	37	۷۰٪ از گیاهان بین ردیف 70% of plants meet between rows
70	12/8/2013	38	۸۰٪ از گیاهان بین ردیف 80% of plants meet between rows
71	13/8/2013	39	بسته شدن تاج پوشش: ۹۰ درصد از گیاهان بین ردیف Canopy closure: 90% of the plants meet between rows

مرحله ظهور گل‌آذین

آغاز مرحله ظهور گل‌آذین در تاریخ ۲۶ مرداد و پایان آن در تاریخ ۱۲ شهریور ماه بود. دوره مذکور ۱۷ روز بـه طـول انجامیـد. میـانگین دمای روزانه برابر ۳۴/۵ و میانگین دمای حداقل و حداکثر آن به‌ترتیب ۲۶/۶، ۴۲/۵ بود. این مراحل در جدول ۷ نشان داده‌شده است.

جدول ۸- مرحله (۵) رشد اصلی: ظهور گل‌آذین (ساقه اصلی)

Table 8- Principal growth stage 5: Inflorescence emergence (Main shoot)

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
75	17/8/2013	51	اولین جوانه‌های گل‌دار قابل‌تشخیص First floral buds detectable
81	23/8/2013	52	اولین جوانه‌های گل‌دار قابل‌مشاهده First floral buds visible
84	26/8/2013	55	بزرگ و متمایز شدن جوانه‌های گل‌دار Floral buds distinctly enlarged
92	3/9/2013	59	گلبرگ‌ها قابل‌مشاهده: جوانه‌های گل‌دار هنوز بسته است Petals visible: floral buds still closed

مرحله گلدهی

این مرحله عبارت است از زمانی که اولـین غنچـه‌هـای گـل بـاز می‌شـوند. ایـن مرحلـه بـا بازشـدن اولـین غنچـه گـل در نیمـه دوم شهریورماه شروع می‌گردد، مرحله مـذکور یعنـی بازشـدن گـل‌هـا در مزرعه آزمایشی در ۹ آبان ماه به پایان رسید و به این‌ترتیب طول دوره گل‌دهی ۲۳ روز به طول انجامید. لازم به ذکر است که آغاز گل‌دهـی (کد ۶۱) زمانی است که در حدود ۱۰ درصد گل‌ها باز می‌شـوند. ایـن مرحله در هفته آخر شهریور به وقوع پیوست. همچنین اوج گـل‌دهـی (کد ۶۵) زمانی است که حداقل ۵۰ درصد گل‌ها باز شده باشـند. ایـن مرحله در مزرعه آزمایشی در ۳۰ شـهریورماه مشـاهده گردیـد. پایـان گل‌دهی (کد ۶۹) نیز زمانی است کـه بـیش از ۹۰ درصـد گلبـرگ‌هـا ریخته باشند این مرحله نیز در تاریخ ۹ آبان ماه ثبت شد (جدول ۹).

جدول ۹- مرحله (٦) رشد اصلی: گلدهی

Table 9- Principal growth stage 6: Flowering

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
97	8/9/2013	60	اولین گل بازشده (به‌صورت پراکنده در مزرعه) First flowers opened (sporadically within the Farm)
104	15/9/2013	61	شروع گلدهی Beginning of flowering
110	21/9/2013	65	گل‌دهی کامل Full flowering
115	26/9/2013	67	پایان گلدهی: پژمرده شدن اکثر گل‌ها Flowering finishing: majority of flowers faded
120	1/10/2013	69	پایان گلدهی End of flowering

نمو میوه‌ها و دانه‌ها (نمو غوزه‌ها)

این مرحله با تشکیل غوزه آغاز می‌شود، مرحله مذکور به ۹ مرحله فرعی تقسیم می‌شود که این مراحل در جدول ۱۰ نشان داده‌شده است.

جدول ۱۰- مرحله (۷) رشد اصلی: نمو میوه‌ها و دانه‌ها (نمو غوزه‌ها)

Table 10- Principal growth stage 7: Development of fruits and seeds

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
124	5/10/2013	71	حدود ۱۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 10% of bolls have attained their final size.
128	9/10/2013	72	حدود ۲۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 20% of bolls have attained their final size.
131	12/10/2013	73	حدود ۳۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 30% of bolls have attained their final size.
134	15/10/2013	74	حدود ۴۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 40% of bolls have attained their final size.
137	18/10/2013	75	حدود ۵۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 50% of bolls have attained their final size.
140	21/10/2013	76	حدود ۶۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 60% of bolls have attained their final size.
143	24/10/2013	77	حدود ۷۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 70% of bolls have attained their final size.
146	27/10/2013	78	حدود ۸۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 80% of bolls have attained their final size.
148	29/10/2013	79	حدود ۹۰ درصد از غوزه‌ها اندازه نهایی خود را به دست آورده‌اند. About 90% of bolls have attained their final size.

مرحله رسیدن کاسبرگ‌ها و دانه‌ها

این مرحله عبارت است از اولین غوزه رسیده، مرحله مذکور به ۱۰ مرحله فرعی تقسیم می‌شود که این مراحل در جدول ۱۱ نشان داده شده است.

در منطقه ایرانشهر به دلیل وجود دماهای بالا در طول دوره رشد چای ترش، گیاه با سرعت بیشتری مراحل فنولوژیکی خود را طی نموده و به بلوغ فیزیولوژیکی می‌رسند. بلوغ فیزیولوژیکی مرحله‌ای از رشد و نمو چای ترش است که طی آن گیاه تحت تأثیر عوامل محیطی و شرایط رشد، اندام‌های زایشی تولید کرده و به گل رفته و دانه تولید می‌کند که البته به‌جای بلوغ فیزیولوژیکی می‌توان از اصطلاح رسیدگی فیزیولوژیکی نیز استفاده نمود.

جدول ۱۱- مرحله (۸) رشد اصلی: رسیدن کاسبرگ‌ها و دانه‌ها (رسیدن همزمان کاسبرگ‌ها با دانه‌ها)
Table 11- Principal growth stage 8: Ripening of sepals and seeds

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
149	30/10/2013	80	اولین غوزه رسیده (به‌صورت پراکنده در مزرعه) First boll Ripening (sporadically within the farm)
151	1/11/2013	81	آغاز رسیدن غوزه: حدود ۱۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 10% of bolls
152	2/11/2013	82	آغاز رسیدن غوزه: حدود ۲۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 20% of bolls
154	4/11/2013	83	آغاز رسیدن غوزه: حدود ۳۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 30% of bolls
156	6/11/2013	84	آغاز رسیدن غوزه: حدود ۴۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 40% of bolls
158	8/11/2013	85	آغاز رسیدن غوزه: حدود ۵۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 50% of bolls
160	4/11/2013	86	آغاز رسیدن غوزه: حدود ۶۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 60% of bolls
162	12/11/2013	87	آغاز رسیدن غوزه: حدود ۷۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 70% of bolls
164	14/11/2013	88	آغاز رسیدن غوزه: حدود ۸۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 80% of bolls
167	17/11/2013	89	آغاز رسیدن غوزه: حدود ۹۰ درصد از غوزه‌ها Beginning of boll Ripening: about 90% of bolls

مرحله پیری

این مرحله از زمانی آغاز می‌شود که نخستین برگ‌ها کمی تغییر رنگ (کد ۹۱) می‌دهند. سپس ریزش برگ‌ها شروع می‌گردد (کد ۹۵) و مرحله رکود با ریزش تمام برگ‌ها به پایان می‌رسد (کد ۹۷). میانگین روزانه، حداقل و حداکثر دما تا شروع دوره مذکور به ترتیب ۲۷/۲، ۱۲/۱، ۱۹/۶۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده گردید.

جدول ۱۲- مرحله (۹) رشد اصلی: پیر شدن
Tabel 12- Principal growth stage 9: Senescence

روزهای پس از کاشت DAP	تاریخ Data	کد Code	توصیف Description
169	19/11/2013	91	حدود ۱۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش‌یافته است About 10% of leaves discolored or fallen
171	21/11/2013	92	حدود ۲۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش‌یافته است About 20% of leaves discolored or fallen
173	23/11/2013	93	حدود ۳۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش‌یافته است About 30% of leaves discolored or fallen
175	25/11/2013	94	حدود ۴۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش‌یافته است About 40% of leaves discolored or fallen
177	27/11/2013	95	حدود ۵۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش‌یافته است About 50% of leaves discolored or fallen
179	29/11/2013	96	حدود ۶۰ درصد از برگ‌ها تغییر رنگ و یا کاهش‌یافته است About 60% of leaves discolored or fallen
181	1/12/2013	97	خواب گیاه plant dormant
183	3/12/2013	99	برداشت محصول (کاسبرگ و دانه‌ها) Harvested product (septal and seeds)

نیازهای حرارتی مراحل مختلف فنولوژی چای ترش و همبستگی بین مراحل فنولوژی

در این بررسی، مراحل فنولوژی چای ترش به جوانه‌زنی، توسعه برگ‌ها، تشکیل شاخه‌های فرعی، افزایش طول ساقه اصلی، ظهور گل‌آذین، گلدهی، نمو غوزه‌ها، رسیدن کاسبرگ‌ها و دانه‌ها (غوزه‌ها) و مرحله پیری تقسیم‌بندی شد. نتایج نشان داد که چای ترش در مجموع برای تکمیل فعالیت‌های بیولوژیکی خود تا پایان دوره گل‌دهی به ۳۵۲۶/۰۱ درجه-روز دما، نیاز دارد. بیشترین واحد حرارتی مورد نیاز چای ترش تا پایان گل‌دهی مربوط به مرحله گل‌دهی (ظهور گل‌آذین تا پایان گلدهی) است که برابر با ۷۳۰/۲۶ درجه روز مؤثر و ۸۶۷/۷۶ درجه روز فعال می‌باشد و کمترین واحد حرارتی برابر با ۱۸۶/۴۷ درجه روز مؤثر و ۲۱۵/۲۲ درجه روز فعال مربوط به مرحله جوانه‌زنی می‌باشد (جدول ۱۳).

جدول ۱۳- میانگین درجه روز مؤثر و فعال و مدت مراحل فنولوژیکی چای ترش در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیک

Tabel 13- Mean effective and active degree days and duration of phenological stages of roselle in ecological systems

نظام زراعی Cropping systems	درجه روز مؤثر Degree days effective		درجه روز مؤثر تجمعی Degree days cumulative effective		درجه روز فعال Degree days active		درجه روز فعال تجمعی Degree days cumulative active		طول دوره به‌روز Duration (day)		طول دوره تجمعی Cumulative duration	
مراحل فنولوژیکی Phenological stages	اکولوژیک Ecological	رایج Conventional	اکولوژیک Ecological	رایج Conventional	اکولوژیک Ecological	رایج Conventional	اکولوژیک Ecological	رایج Conventional	اکولوژیک Ecological	رایج Conventional	اکولوژیک Ecological	رایج Conventional
جوانه‌زنی Germination	186.47	153.20	186.47	153.20	215.22	176.95	215.22	176.95	5.75	4.75	5.75	4.75
توسعه برگ‌ها Leaf development	1149.9	1051.47	1336.37	1204.67	1324.9	1211.5	1540.12	1388.45	35	32	40.75	36.75
تشکیل شاخه‌های فرعی Formation of side shoots	497.10	501.01	1833.47	1705.68	570.87	576.01	2110.99	1964.46	14.75	15.25	55.50	52
افزایش طول ساقه Main stem elongation	460.85	506.86	2294.32	2212.54	537.10	588.11	2648.09	2552.57	15.25	16.25	70.75	68.25
ظهور گل‌آذین Inflorescence emergence	562.07	583.01	2856.39	2795.55	657.07	681.73	3305.16	3243.3	19	19.75	89.75	88
گلدهی Flowering	740.26	730.47	3596.65	3526.01	867.76	855.46	4172.92	4089.76	25.50	25	115.25	113
نمو میوه و دانه‌ها Development of fruits and seeds	828.95	892.07	4425.6	4418.08	992.70	808.82	5165.62	4898.58	32.75	34.75	148	147.75
رسیدن کاسبرگ و دانه ripening of sepals and seeds	339.30	349.76	4764.9	4767.84	434.30	447.26	5599.92	5345.84	19	19.25	167	167
مرحله پیری Senescence	246	246	5010.9	5013.84	326	326	5925.92	5671.84	16	16	183	183
مجموعTotal	5010.9	5013.84			5925.92	5671.84			183	183		

با استفاده از معادله های ۱ و ۲ میزان درجه–روز رشد فعال و مؤثر در مراحل مختلف فنولوژی چای ترش محاسبه شد که وقوع مراحل رشد و نمو چای ترش را به تفکیک درجه روز رشد و روزهای پس از کاشت در منطقه ایرانشهر در جدول ۱۳ و شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده‌شده است. همانند سایر گیاهان زراعی شروع نمو زایشی چای ترش نیز تحت تأثیر دما، طول روز، رقم و سایر عوامل مختلف قرار دارد. بنابراین تعداد روزهای لازم برای شروع مرحله زایشی و مراحل دیگر رشد تحت تأثیر این عوامل خواهد بود. این گیاه در شرایط آب و هوایی ایرانشهر در نظام زراعی رایج ۵۰۶/۸۶ درجه–روز رشد و در نظام زراعی اکولوژیک به حدود ۴۶۰/۸۵ درجه روزرشد نیاز دارد که وارد مرحله گلدهی شود و از مرحله گلدهی تا تشکیل کپسول در نظام زراعی رایج به حدود ۱۵۷/۱ درجه روز رشد و در نظام زراعی اکولوژیک به حدود ۱۲۱/۵۵ درجه روزرشد نیازمند است، بنابراین چای ترش از زمان کاشت تا برداشت به ۵۰۱۳/۸۴ و ۵۰۱۰/۰۹ درجه روزرشد در نظام زراعی اکولوژیک و رایج در منطقه ایرانشهر نیاز دارد که معادل ۱۸۳ روز است.

جدول ١٤- ضرایب همبستگی بین مراحل نمو فنولوژیکی چای ترش با درجه-روز مؤثر

Table 14- Correlation coefficients of roselle phenological development stages with effective degree days

	مرحله Stage	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	جوانه‌زنی Germination	1								
2	توسعه برگ‌ها Leaf development	0.78**	1							
3	تشکیل شاخه‌های فرعی Formation of side shoots	-0.34*	0.78	1						
4	افزایش طول ساقه Main stem elongation	-0.79**	-0.42**	0.77**	1					
5	ظهور گل‌آذین Inflorescence emergence	-0.61**	-0.13	0.78**	0.83**	1				
6	گلدهی Flowering	-0.41**	0.096	0.83**	0.71**	0.95**	1			
7	نمو میوه و دانه‌ها Development of fruits and seeds	0.312*	-0.225	-0.899**	-0.716**	-0.911**	0.97**	1		
8	رسیدن کاسبرگ و دانه Ripening of sepals and seeds	-0.37**	-0.63**	-0.57**	-0.07	-0.40**	-0.60**	0.65**	1	
9	مرحله پیری Senescence	0.40**	-0.21	-0.57**	-0.54**	-0.70**	-0.71**	0.73**	0.38**	1

ns: غیر معنی‌دار * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد.

ns: Non-significant, * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

پیش‌بینی مراحل فنولوژیکی محصولات زراعی بر اساس همبستگی که بین سرعت مراحل نمو و تغییرات دما وجود دارد انجام می‌شود (Koocheki & Nassiri Mahallati, 1992). ضرایب همبستگی بین مراحل فنولوژیکی چای ترش بر اساس درجه-روز مؤثر در جدول ۱۴ و درجه-روز فعال در جدول ۱۵ نشان داده شده است.

جدول ۱۵- ضرایب همبستگی بین مراحل نمو فنولوژیکی چای ترش با درجه-روز فعال

Table 15- Correlation coefficients of Roselle (*Hibiscus sabdariffa*.L.) phenological development stages with active degree days

	مرحله Stage	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	جوانه‌زنی Germination	1								
2	توسعه برگ‌ها Leaf development	0.787**	1							
3	تشکیل شاخه‌های فرعی Formation of side shoots	-0.350*	0.072	1						
4	افزایش طول ساقه Main stem elongation	-0.802**	-0.371**	0.816**	1					
5	ظهور گل‌آذین Inflorescence emergence	-0.619**	-0.136	0.781**	0.896**	1				
6	گلدهی Flowering	-0.334*	0.135	0.813**	0.728**	0.917**	1			
7	نمو میوه و دانه‌ها Development of fruits and seeds	0.350*	-0.015	-0.801**	-0.714**	-0.733**	0.733**	1		
8	رسیدن کاسبرگ و دانه Ripening of sepals and seeds	-0.379**	-0.635**	-0.576**	-0.171	-0.395**	-0.592**	0.611**	1	
9	مرحله پیری Senescence	0.430**	-0.085	-0.576**	-0.706**	-0.596**	-0.476**	0.552**	0.234	1

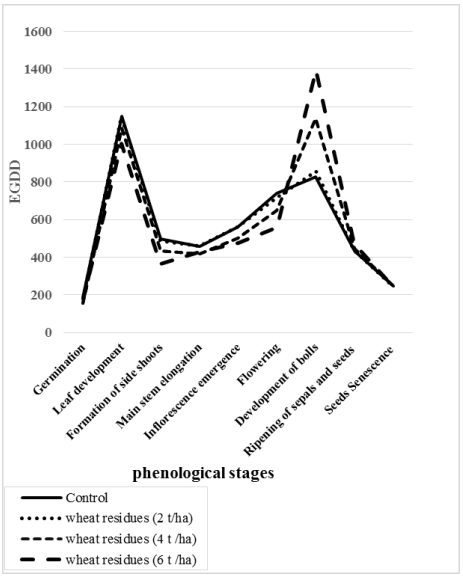
ns: غیرمعنی‌دار * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

ns: Non-significant, * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

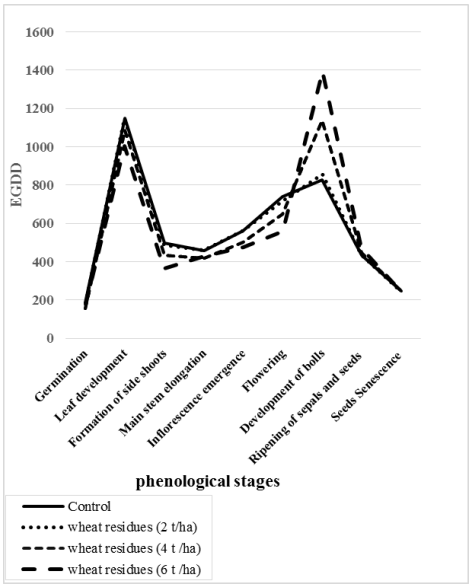
چرخه زندگی گیاه چای ترش به ۹ مرحله اصلی بر اساس مقیاس BBCH تقسیم‌بندی شد (فنولوژی این گیاه برای اولین بار با توجه به مقیاس BBCH انجام شد). طول دوره جوانه‌زنی در منطقه پنج روز می‌باشد این مرحله با رسیدن دما به ۳۵ درجه سانتی‌گراد شروع گردید. میانگین روزانه حداقل و حداکثر دما در این مرحله به‌ترتیب برابر ۳۰/۱ و ۴۴/۱ درجه سانتی‌گراد بود.

دمای هوا در مرحله بعدی رشد یعنی نمو برگ افزایش یافت و رشد رویشی گیاه به اوج خود می‌رسد. رشد چای ترش تابع درجه حرارت می‌باشد و گیاه در ماه‌های گرم بیشترین رشد رویشی را دارد. در ظهور مراحل فنولوژی چای ترش درجه حرارت عامل بسیار مؤثری می‌باشد، بنابراین، دما اساسی‌ترین عامل اقلیمی است که بر سرعت رشد و نمو گیاه چای ترش مؤثر است. همچنین نتایج نشان داد مراحل فنولوژیکی چای ترش در سیستم زراعی نیز مانند رایج بود. پیش‌بینی زمان گلدهی چای ترش در مقایسه با تخمین وقوع مراحل دیگر رشد و نموی از اهمیت بیشتری برخوردار است، زیرا اگر زمان گلدهی قابل پیش‌بینی باشد مدیریت زمانی مزرعه شامل زمان کاشت و برداشت، بهتر مشخص می‌گردد. بررسی میزان مجموع درجه حرارت در مراحل مختلف رشد و نمو چای ترش، حائز اهمیت می‌باشد. بدین ترتیب برنامه‌ریزی جهت کاشت، برداشت و عملیات زراعی (کنترل آفات و بیماری‌ها) که بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و عوامل اقتصادی اثر دارند، امکان‌پذیر خواهد بود. بین مراحل فنولوژیک چای ترش طولانی‌ترین مرحله آن مرحله ظهور گل‌آذین و کوتاه‌ترین مرحله جوانه‌زنی است که به‌ترتیب ۳۵ و ۵ روز به طول انجامید. در مجموع چای ترش از زمان متورم شدن بذر که شروع رشد آن در گرمای تابستانه می‌باشد تا پایان مرحله گل‌دهی (برداشت غوزه) به ۱۸۳، روز رشد نیاز دارد. چای ترش در مجموع برای تکمیل فعالیت‌های بیولوژیکی خود تا پایان دوره گل‌دهی به ۵۰۱۳/۸۴ درجه–روز برحسب دمای مؤثر ۵۶۷۱/۸۴ واحد حرارتی برحسب دمای فعال، در منطقه موردنظر نیاز دارد.



شکل ۱- رابطه بین مراحل نمو فنولوژیکی و درجه روزرشد مؤثر چای ترش در کاربرد کاه و کلش

Fig. 1- Releshenship between phenological development stages with effective degree days of Roselle in ecological systems



شکل ۲- رابطه بین مراحل نمو فنولوژیکی و درجه روزرشد فعال چای ترش a در نظام‌های زراعی

Fig. 2- Releshenship between phenological development stages with active degree days of Roselle in ecological systems

Effective Growing Degree Days (EGDD) = (EGDD) درجه روز رشد مؤثر

با توجه به این‌که چای ترش گیاهی روزکوتاه (Muslihatin & Daesusi, 2014) می‌باشد که به تغییرات طول روز بسیار حساس بوده و دارای فصل رشد نسبتاً طولانی می‌باشد و در مجموع در حدود ۵۰۱۳ درجه روز رشد برای رسیدن به مرحله برداشت کاسبرگ نیاز دارد، دماهای بالا در منطقه اجازه بروز حداکثر رشد فیزیولوژیکی را به گیاه می‌دهد و در پایان رشد با کاهش دما رشد گیاه کامل و عملکرد مطلوب حاصل می‌شود. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد که بقایای گیاهی یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده زمان وقوع مراحل فنولوژیک در منطقه ایرانشهر به‌شمار می‌رود. از دمای بالا در طول دوره رشد چای ترش، می‌توان استنباط نمود که بقایای گیاهی بر روی درجه حرارت خاک مؤثر است و به نظر می‌رسد که افزایش بقایای گیاهی میزان رطوبت خاک را افزایش می‌دهد و شرایطی را فراهم می‌سازد که وزن مخصوص ظاهری کمتر، ظرفیت نگهداری رطوبت بیشتر (کاه و کلش باعث حفظ نفوذپذیری خاک و جلوگیری از تبخیر و تعرق می‌شود)، درنتیجه مراحل فنولوژیکی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

به‌نظر می‌رسد اثر کاه و کلش بر مراحل فنولوژیکی چای ترش مؤثر بوده به‌طوری‌که کاه و کلش باعث افزایش تحمل گیاه به شرایط گرم شده و محیط خاک را خنک و درجه حرارت خاک را کاهش می‌دهد همچنین افزایش کاه و کلش باعث تأخیر در روند وقوع مراحل فنولوژیکی گیاه خصوصاً سبز شدن اولیه شد.

سپاسگزاری

شرایط اجرایی این طرح توسط معاونت پژوهش و فن‌آوری دانشگاه فردوسی مشهد و دانشکده کشاورزی پردیس بین‌الملل در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۳۱۱۵۲ فراهم‌شده که بدین‌وسیله از حمایت‌های دانشگاه فردوسی مشهد سپاسگزاری می‌شود همچنین از دانشگاه آزاد اسلامی ایرانشهرکه تسهیلات لازم را به‌منظور انجام تحقیق را فراهم نموده و مسئولین محترم آزمایشگاه آن واحد قدردانی می‌شود.

منابع

Agustí, M., Zaragoza, S., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Klose, R., and Stauss, R. 1997. Adaptation de léchelle BBCH à la description des stades phénologiques desagrumes du genre *Citrus*. Fruits 52: 287-295.

Aiken, R.M. 2005. Applying thermal time scale to sunflower development. Agronomy Journal 97: 746-754.

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

Derschieid, L.A., and Lytle, W.F. 2002. Growing Degree Days (GDD). SDSU. College of Agriculture and Biological Science. Available in://agbiopubs.sdstate.edu/articles/Fs.522.pdf.

Dwyer, L.M., Stewart, D.M., Carrigan, L., Neave, B.L., Ma, P., and Bichin, D. 1999. A general thermal index for maize. Agronomy Journal 91: 940-946.

Gilmour, E.C., and Rogers, J.S. 1985. Heat unit as a method of measuring maturity in corn. Agronomy Journal 50: 611-615.

Gonzalez, F.G., Slafer, G.A., and Miralles, D.J. 2002. Vernalization and photoperiod response in wheat pre-flowering reproductive phases. Field Crops Research 74: 183-195.

Habekotte, B. 1997. A model of the phenological development of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Field Crops Research 54: 127-136.

Hack, H., Gall, H., Klemke, T., Klose, R., Meier, U., Stauss, R., and Witzenberger, A. 1993. The BBCH-scale for phenological growth stages of potato (*Solanum tuberosum* L.). In: Proceedings of the 12th Annual Congress of the European Association forPotato Research, Paris p. 153-154.

Harrison, T., and Romo, J.T. 1994. Regrowth of smooth Brome grass, flowering defoliation. Canadian Journal of Plant Science 74: 531-537.

Hernández Delgado, P.M., Aranguren, M., Reig, C., Fernández Galván, D., Mesejo, C., Martínez Fuentes, A., Galán Saúco, V., and Agustí, M. 2011. Phenological growthstages of mango (*Mangifera indica* L.) according to the BBCH scale. Scientia Horticulturae 130: 536-540.

Holt, E.C., and Haferkamp, M.R. 1987. Growth of introduced temperature legumes in the Edwards plateau and south Texas plains. Journal of Range Management 40(2): 132-135.

Hunter, A.F., and Lechwicz, M.J. 1992. Predicting the timing of budburst in temperate trees. Journal of Applied Ecology 29(3): 597-604.

Iannucci, A., Terribile, M.R., and Martiniello, P. 2008. Effects of temperature and photoperiod on flowering time of forage legumes in a Mediterranean environment. Field Crops Research 106: 156-162.

Jordan, L.G., and Haferkamp, M.R. 1989. Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs. Journal of Range Management 42(1): 41-45.

Keith, T.W. 2001. A method to incorporate phenology into land cover change analysis. Journal of Range Management 54: 1-7.

Khanal, R.R. 2005. Phyllochron and leaf development in field grown rice genotypes under varying thermal environments of a high altitude cropping system. Msc Dissertation, University of Bonn, Germany.

Kirby, E.J.M., Spink, J.H., Frost, D.L., Sylvester-Bradley, R., Scott, R.K., Foulkes, M.J., Clare, R.W., and Evans, E.J. 1999. A study wheat development in the field: analysis by phases. European Journal of Agronomy 11: 63-82.

Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 1992. Ecology of Plants. Publications Mashhad University Jihad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Lancashire, P., Bleiholder, H., Van den Boom, T., Langelüddeke, P., Stauss, R., Weber, E., and Witzenberger, A. 1991. A uniform decimal code for growth stages of cropsand weeds. Annals of Applied Biology 119: 561-601.

Lorenz, D., Eichorn, D., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U., and Weber, E. 1994. Phänologis-che Entwicklungsstadien der Weinrebe (*Vitis vinifer* L. ssp. vinifera). Codierungund Beschreibung nach der erweiterten BBCH-Skala. Enology and Viticulture Science 49: 66-70.

Martinez-Calvo, J., Badenes, M., Llacer, G., Bleiholder, H., Hack, H., and Meier, U. 1999. Phenological growth stages of loquat tree (*Eryobotria japonica* Thumb. lindl.). Annals of Applied Biology 134: 353-357.

Meier, U., Bleiholder, H., Brumme, H., Bruns, E., Mehring, B., Proll, T., and Wiegand, J. 2008. Phenological growth stages of roses (*Rosa sp*.): Codification and description according to the BBCH scale. Annals of Applied Biology 154: 231-238.

Meier, U., Bleiholder, H., Buhr, L., Feller, C., Hack, H., and Heb M.2009.The BBCH system to coding the phenological growth stages of plants history and publications. Journal for Kulturpflanzen 61(2): 41–52.

Modir Shanechi, M. 1994. Plant Ecology. Imam Reza University Press, Mashhad, Iran 509 pp. (In Persian)

Munger, P., Bleiholder, H., Hack, H., Hess, M., Stauss, R., Van Denboom, T., and Weber, E. 1998. Phenological growth stages of the cotton plant (*Gossypium hirsutum* l.) Codification and description according to the bbchscale – with figures. Journal of Agronomy and Crop Science 180: 143-149.

Muslihatin, W., and Daesusi, R. 2014. Effects of photoperiodism to the growth rate of *Hibiscus sabdariffa* L. Journal of Technology and Science 25(1): 18-22.

Pasian, C.C., and Lieth, J. 1996. Prediction of rose shoot development: Model validation for the cultivar 'Cara Mia' and extension to the cultivars 'Royalty' and 'Sonia'. Scientia Horticulture 66: 117-124.

Rajan, S., Tiwari, D., Singh, V.K., Saxena, P., Singh, S., Reddy, Y.T.N., Upreti, K.K., Burondkar, M.M., Bhagwan, A., and Kennedy, R. 2011. Application of extended BBCHscale for phenological studies in mango (*Mangifera indica* L.). Journal of Applied Horticulture 13(2): 108-114.

Reddy, K.R., Hodges, H.F., and McKinion, J.M. 1993. Temperature effects on Pima cotton leaf growth. Agronomy Journal 85: 681-686.

Reddy, K.R., Hodges, H.F., and McKinion, J.M. 1997. Crop modeling and application: A cotton example. Advances in Agronomy 59: 225-290.

Salazar, D.M., Melgarejo, P., Martínez, R., Martínez, J.J., Hernandez, F., and Burguera, M. 2006. Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). Scientia Horticulturae 108: 157-161.

Salinero, M.C., Vela, P., and Sainz, M.J. 2009. Phenological growth stages of kiwi fruit (*Actinidia de*liciosa'Hayward'). Scientia Horticulturae 121: 27-31.

Sanz-Cortés, F., Martínez-Calvo, J., Badenes, M.L., Bleiholder, H., Hack, H., Llácer, G., and Meier, U. 2002. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europea*). Annals of Applied Biology 140: 151-157.

Sinclair, T.R. 1994. Physiology and Determination of Crop Yield (anonymous). Chapter 19. Published by: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America p. 587.

Streck, N.A., Weiss, A., Xue, Q., and Baenziger, P.S. 2003. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. Agricultural and Forest Meteorology 115: 139-150.

Thompson, J.N. 1990. Coevolution and the evolutionary genetics of interactions among plants and insects and pathogens. In: Pests, Pathogens, and Plant Communities, J.J. Burdon and S.R. Leather, eds. Oxford, Blackwell p. 249-271

Wang, E., and Engel, T. 1998. Simulation of phenological development of wheat crops. Agricultural Systems 58: 1-24.

Wang, R., Bai, Y., and Tanino, K. 2004. Effect of seed size and sub-zero imbibition temperature on the thermal time model of winter fat (*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

Wien, H.C. 1997. The Physiology of Vegetable Crops. Oxford. New York: CAB International 662 pp.

Zadoks, J.C., Chang T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. Weed Research 14: 415-421.

Journal of Agroecology
Vol. 10, No.2, Summer 2018, p. 368-385

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۰، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷، ص. ۳۸۵-۳۶۸

Assessment of Required Growing Degree Days for Phenological Stages of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) based on BBCH-Scale in Different Cropping Systems

M. Javadzadeh[1], P. Rezvani Moghaddam[2]*, M. Banayan-Aval[2] and J. Asili[3]

Submitted: 09-07-2014
Accepted: 27-09-2014

Javadzadeh, M., Rezvani Moghaddam, P., Banayan-Aval, M., and Asili, J. 2018. Assessment of required growing degree days for phenological stages of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) based on BBCH-scale in different cropping systems. Journal of Agroecology. 10(2): 368-385.

Introduction

Study the phenology of the medicinal plant is important to manage the timing of recurring plant primary and secondary material utilizations, seed collection, pest control, prevent harvested untimely and weed control. Based on the weather conditions each plant for completing its phenological stages needs certain amount of heat units. The use of special codes to describe Phenological stages of plants has a long tradition in agricultural science. This scale has a table of 100 sections from 0-99 designed for different phases of the plants' growth. In this scale, the growth stages are divided into two principal and secondary stages. The principal growth stages are described using numbers from 0 to 9; each principal stage is divided into secondary stages through coding from 1 to 99. The objective of this study was to describe the Phenological growth stages of 'Roselle' based on BBCH scale.

Materials and Methods

Phenological stages of 'Roselle' were described and defined according to the extended BBCH scale. The experiment was carried out as strip plot layout based on a randomized complete block design with three replications at the Experimental Farm of the Faculty of Agriculture, Iranshahr Branch, Islamic Azad University, Iranshahr, Iran (Latitude 27^{o} 12 ' N and longitude 60^{o} 42' E; 591 m above sea level), during the growing season of 2013-2014. The experimental factors were: four rates of consumption of inputs and agricultural operations require in different cropping including Ecological system (No-tillage + Disk +Leveler +Furrower + 100% Manure), Conventional systems with low inputs (One-tillage + 0ne- Disk +Leveler +Furrower + 75% Manure + 25% NPK), Conventional systems with average inputs (One-tillage + Two-Disk +Leveler +Furrower + 50% Manure +50% NPK) and Conventional systems with high input (Two- tillage + Two-Disk +Leveler +Furrower + 100% NPK) and wheat straw application as residue mulch in four levels (6, 4, 2 $t.ha^{-1}$ and control). In order to recognize the different stages of Roselle, three plants were appointed in each plot and monitored during growing season. All phenological stages of Roselle from germination to senescence were recorded based on BBCH.

Results and Discussion

The extended BBCH scale considers 10 principal growth stages, numbered from 0 to 9. Starting at Germination (stage 0) and ending at the beginning of the rest period (stage 9). Based on BBCH scale, nine phenological stages were recorded for Roselle that included: (0) Germination, (1) Leaf development, (2) Formation of side shoots, (3) Main stem elongation, (5) Inflorescence emergence, (6) Flowering, (7) Development of bolls, (8) ripening of sepals and (9) Seeds Senescence. Growing degree days to reach each stage were 153, 1051, 501, 506, 583, 730, 892, 349 & 246, respectively. Due to the high temperatures during the growing season of Roselle, the plant phenological stages were occurred more rapidly and the plant reaches its physiological maturity. Despite the interesting characteristics of this plant (Heat and drought tolerance), a

1, 2 and 3 - PhD. Student of Agroecology and Professor, Department of Agrotecnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Professor, Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v10i2.38318

detailed description of the phenological growth stages of Roselle has never been performed. A precise description of the different growth stages of this crop will provide a useful tool for agronomic and research activities. In this Study, the description of the phenological development of Roselle was proposed utilizing the expanded BBCH scale.

Conclusion

Roselle plant phenology is described here for the first time, according to the BBCH General scale. The use of extended BBCH scale for Roselle is important for successful implementation of farm management practices including disease and pest control. Based on our results it seems increasing wheat straw on the soil surface increased water holding capacity of the soil and reduced soil temperatures, which causes delay in the occurrence of Roselle phenological stages.

Acknowledgements

This research was supported by Ferdowsi University of Mashhad, Iran (code 31152).

Keywords: BBCH, Climatic, Phenology, Thermal requirement