Applied Entomology and Phytopathology

آفات و بیماری‌های گیاهی

جلد ، شماره ، اسفند ۱

DOI: 10.22092/JAEP.2022.357763.1433

Scientific article

Technological modeling and thermal-light requirements of wild rye and wild oat seeds: New strategies in timed management of weed control.

MOHAMMAD AHMADI[1]✉, GHORBAN DIDEHBAZ[2], RASOUL FAKHARI[3], HAMID ZOLGHADRI[4]

1. Ph.D. Graduate of Agrotechnology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran; 2. Expert, Plant Protection Research Department, Agricultural Research and Education Center of Ardabil Province (Moghan), Agricultural Research, Education and Extension Organization, Moghan, Iran; 3. Research Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Agricultural Research and Education Center and Natural Resources of Ardabil Province (Moghan), Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Moghan, Iran; 4. Expert, Seed and Seedling Research, Registration and Certification Institute, Moghan, Iran.

Abstract

The use of cumulative temperature or growing degree days to estimate the plant growth and development period has been emphasized. This research investigated the life cycles of Wild Rye (Secale cereale L.) and Wild Oat (Avena fatua L.) using agro-climatic indices. The experiment was conducted as a factorial arrangement in a randomized complete block design (RCBD) with 4 replications at the University of Mohaghegh Ardabili. Wild Rye required 2860 growing degree days (GDD) to complete its life cycle from planting to seed ripening, whereas Wild Oat completed its growth cycle with a significantly lower requirement of 2684 GDD, indicating a shorter growth period. Regarding light-related indices, Wild Rye accumulated higher heliothermal units (e.g., 28,634 units at the ripening stage) throughout all growth stages, highlighting its greater dependence on solar radiation. Consequently, due to its higher thermal and light requirements, slower development rate, and longer life cycle, Wild Rye is more vulnerable to control measures during its early growth stages (such as tillering and heading). In contrast, Wild Oat, with its faster growth rate, necessitates earlier intervention and control measures. These distinct phenological and physiological differences enable targeted and timely management strategies, such as selecting the optimal wheat planting date (e.g., delayed planting in temperate regions), to effectively reduce competitive interference from these two weed species.

Keywords: Wild rye, temperature, heliothermal, phenology, wild oat.

مقاله پژوهشی

مدل‌سازی فنولوژی و نیازهای حرارتی- نوری بذرهای چاودار وحشی و یولاف وحشی: راهکارهای نوین در مدیریت زمانبندی شده کنترل علف‌های هرز

محمد احمدی [1]✉، قربان دیده‌باز[2]، رسول فخاری[3]، حمید ذوالقدری[4]

۱- فارغ التحصیل دکتری آگروتکنولوژی، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- کارشناس، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران

۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران

۴- کارشناس، موسسه تحقیقات، ثبت و گواهی بذر و نهال، مغان، ایران.

چکیده

استفاده از دمای تجمعی یا درجه روز رشد برای تخمین دوره رشد و نمو گیاهان مورد تأکید قرار گرفته است. در این تحقیق، چرخه‌ی زندگی چاوداروحشی (*Secale cereale* L.) و یولاف‌وحشی (*Avena fatua* L.) بر اساس شاخص‌های زراعی اقلیمی بررسی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. چاودار وحشی برای تکمیل چرخه زندگی خود از کاشت تا رسیدگی بذر به ۲۸٦۰ درجه–روز رشد نیاز دارد، در حالی که یولاف وحشی با ۲٦۸٤ درجه–روز رشد، دوره رشدی کوتاه‌تری را طی می‌کند. از نظر شاخص‌های نوری، چاودار وحشی در تمام مراحل رشدی واحدهای هلیوترمال بیشتری (مانند ۲۸٦۳٤ واحد در مرحله رسیدگی) دریافت کرد که نشان‌دهنده وابستگی بیشتر این گونه به نور خورشید است. نتایج حاکی از آن است که چاودار وحشی به دلیل نیاز حرارتی و نوری بالاتر، کندی رشد و طولانی‌تر بودن چرخه زندگی در مراحل اولیه رشد (پنجه‌زنی و سنبله‌دهی) آسیب‌پذیرتر است، در حالی که یولاف وحشی با سرعت رشد بالاتر، نیازمند مداخلات کنترلی زودهنگام‌تر می‌باشد. این تفاوت‌ها امکان مدیریت هدفمند و زمان‌بندی شده (مانند انتخاب تاریخ کاشت دیرهنگام گندم) برای کاهش تداخل رقابتی با هر یک از این علف‌های هرز را فراهم می‌کند.

واژه‌های کلیدی: چاودار وحشی، دما، هلیوترمال، فنولوژی، یولاف وحشی

✉ **E–mail: ahmadi.agro@gmail.com**

مقدمه

فنولوژی شاخه‌ای از علم است که به روابط بین اقلیم و تغییرات فصلی با حوادث زیستی متناوب می‌پردازد و این تغییرات، شامل تغییر در نور، دما و سایر عوامل کنترل‌کننده زندگی گیاه است (Aleebrahim *et al*., 2009). زمان مناسب شخم یا کاربرد علف‌کش برای مدیریت علف‌های هرز، معمولاً با استفاده از تاریخ تقویمی یا مرحله‌ی رشدی خاصی مانند گلدهی بیان می‌شود. اطلاع از الگوهای رویش علف‌های‌هرزی در مدیریت آن‌ها مفید است. امروزه کنترل علف‌های هرز بیش از سایر عوامل زیان‌آور در محصولات زراعی اهمیت دارد. فنولوژی و سرعت نمو به دلیل تأثیر بـر طول دوره و زمان وقوع مراحل مختلف نمو و بـه تبع آن شرایط محیطی حاکم بر هریک از این مراحل، نقطه کلیدی سازگاری با شـرایط متنـوع محیطی است. برای کنترل مؤثر و به موقع علف‌های هرز، آگاهی از زمان سبز شدن آنها بسیار مهم و ضروری می‌باشد، چرا که یکی از اصول پایه در مدیریت تلفیقی کنترل علف‌های هرز، پایش دقیق و کاربرد روش‌های کنترلی در حساس‌ترین مرحله رشدی آن‌ها می‌باشد که نتیجه آن کنترل بهتر وکاهش هزینه‌های کنترل خواهد بود. با شناخت مراحل فنولوژیک علف‌های هرز می‌توان تاریخ کاشت و عملیات مدیریتی مزرعه را طوری برنامه ریزی نمود که علف‌های هرز کمترین خسارت را وارد کنند (Ahmadi *et al*., 2019a). دما به دو صورت مستقیم و غیرمستقیم بر روی گیاهان تأثیر می‌گذارد؛ حرارت به‌صورت مستقیم بر همه اعمال حیاتی گیاهان و شدت متابولیسم آنها اثر می‌گذارد و به‌صورت غیر مستقیم بر روی عوامل حیاتی دیگر از جمله مقدار آب در دسترس گیاه اثر دارد و به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل محدودکننده در استقرار گیاهان مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. دمای هوا شاخص ثابت و پایداری است، که استفاده از آن به صورت دمای تجمعی یا درجه–روز رشد (GDD[1]) برای تخمین دوره رشد و نمو مورد تاکید قرارگرفته است (Forcella *et al*., 2000). در تحقیقی روی چرخه زندگی تاج خروس و ماشک گل خوشه‌ای مشخص شد که تاج خروس با دریافت ۱۸۶۲ درجه–روز و ماشک گل خوشه‌ای با دریافت ۳۲۲۷ درجه–روز مراحل جوانه زنی تا رسیدگی بذر را طی کردند (Ahmadi *et al*., 2019b). بررسی الگوی رویش اکوتیپ‌های مختلف علف‌هرز جودره در گندم نشان داد، که توده‌های جودره (*Hordeum spontaneum*) هم از لحاظ زمان آغاز رویش و شیب افزایش جمعیت گیاهچه‌ها به ازای دریافت درجه روزهای رشد (GDD) و هم از نظر بازده زمانی متفاوت بودند (Moghanloo *et al*., 2013). با توجه به روند افزایش روزافزون جمعیت جهان و پیش‌بینی جمعیت ۹/۷ میلیاردی دنیا در سال ۲۰۵۰ (Anonymous, 2019) و محدود بودن منابع کشاورزی، افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در واحد سطح (Tester and Langridge, 2010) و تغییر اساسی در سیاست‌های کشاورزی به‌منظور توسعه پایدار، امری ضروری و اجتناب ناپذیر هست. علف‌های هرز دارای فلور بسیار پویا و تغییرات دائمی بوده و این تغییرات از قوانین حاکم بر توالی اکولوژیک تبعیت می‌کنند. اگرچه این گیاهان جز لاینفک نظام‌های زراعی هستند ولی به دلیل تأثیرات آن‌ها بر رشد گیاهان زراعی و به‌ویژه کاهش عملکرد، با استفاده از روش‌های مختلفی مدیریت می‌شوند (Aynehband, 2019). بدون کنترل علف‌های هرز، بسته به توان رقابتی علف هرز و گیاه زراعی، تراکم آن‌ها و مدت زمان رقابت، تلفات عملکرد از ۱۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر خواهد بود (Hamzei *et al*., 2016). بنابراین مدیریت علف–های هرز یکی از عملیات کلیدی در بیشتر نظام‌های کشاورزی محسوب می‌شود. علف‌های هرز (Hamzei *et al*., 2016). این گیاهان دارای ویژگی‌های متمایزی بوده و با مصرف منابع ازجمله آب و عناصر غذایی و جلوگیری از تابش نور کافی به گیاهان زراعی و ترشح مواد سمی به محصولات کشاورزی خسارت وارد می‌کنند. (Smith, 2017). سامانه مدیریت تلفیقی علف‌های هرز که سعی در به حداقل رساندن آثار سوء کنترل علف‌های هرز بر محیط‌زیست دارد، شامل روش‌های بسیاری است که یکی از آن‌ها استفاده از ابزار کنترل به نحوی است که در عین واردکردن حداکثر خسارت به

[1] Growth degree day

علف‌های هرز، موجب کم‌ترین تأثیر سوء بر گیاه زراعی می‌شود (Lowry & Smith, 2018). چاودار وحشی (*Secale cereale*) و یولاف وحشی (*Avena fatua*) از مهم‌ترین علف‌های هرز غلات زمستانه در دنیا محسوب می‌شوند (White *et al*., 2006). کنترل چاودار وحشی به‌دلیل انعطاف پذیری بالای آن به نوسانات محیطی، مقاومت به خشکی، پتانسیل عملکرد بالا، قابلیت بالای جذب آب و عناصر غذایی، داشتن خاصیت دگرآسیبی و تشابه سیکل زندگی آن به گندم بسیار دشوار است (Acharya *et al*., 2022). از طرف دیگر، فقدان علف‌کش‌های مؤثر با خاصیت انتخابی، مشکلات کنترل چاودار وحشی در مزارع گندم را دو چندان نموده است (Kumar *et al*., 2020). پژوهش حاضر با هدف مطالعه مراحل فنولوژیک دو علف هرز رایج محصولات گرامینه انجام شد تا با شناسایی بهتر چرخه زندگی آن‌ها بتوان در زمان مناسب و مدیریت به موقع، میزان خسارت وارده را کاهش داد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در فصل زمستان و بهار سال ۱۳۹۶ در گلخانه‌ی دانشگاه محقق اردبیلی برای مطالعه تاثیر دما، در مدت زمان نمو دو گونه‌ی علف‌هرز چاودار وحشی و یولاف وحشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل بذر دو گونه‌ی چاوداروحشی و یولاف وحشی بودند. بذور این گونه‌ها از ٦ مزرعه تصادفی اردبیل در مردادماه و در مجموع از ۳۰ بوته برداشت شد. بذور چاودار وحشی فاقد خواب بودند، ولی بذور یولاف وحشی با جدا کردن پوسته‌ی سخت‌شان با دست رفع خواب شدند. قبل از رفع خواب بذر یولاف وحشی میزان جوانه‌زنی آن ۵ درصد و بعد از آن ۹۰ درصد بود. این گیاهان به سرمادهی نیاز داشتند، تا وارد ساقه‌دهی شوند، که در ابتدای کشت به مدت ٤ روز در دمای زیر صفر قرار گرفتند (Baskin and Baskin, 2004). برای اجرای این آزمایش، گلدان‌هایی به طول ۳۰، عرض ۲۰ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر از مخلوط خاک و کود دامی اطراف گلخانه پر شد. بذور هر گونه داخل این گلدان ها در بیستم بهمن ماه در عمق ۳ سانتی‌متری به میزان ۲۰ بوته در هر گلدان کشت شد. به منظور مطالعه وضعیت خاک از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌هایی از خاک برداشته و پس از مخلوط کردن به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل شدند. پتاسیم قابل‌جذب با روش فیلم فتوکپی متری، فسفر قابل‌جذب به روش اولسن و سامرز (Olsen & Sommers, 1982)، نیتروژن کل به روش کجلدال (Miller & Keeney, 1982) pH و EC در عصاره گل اشباع با استفاده از دستگاه pH متر و EC سنج اندازه‌گیری شد (Gupta, 2004). کربن آلی با روش والکی بلک (Walkley & Black, 1934) و تعیین بافت خاک به روش هیدرومتر دو قرائته (Dane & Topp, 2002) انجام شد. نتایج آزمون خاک به شرح جدول (۱) می‌باشد. پس از ظهور و استقرار گیاهچه‌ها در هر گلدان ۵ بوته باقی ماند. تا پایان دوره‌ی رشد گیاهان، گلدان‌ها هر ۲ روز با استفاده از آبپاش تا رسیدن به ظرفیت زراعی آبیاری می‌شدند. برای تعیین پیشرفت کمی هر مرحله و ثبت درجه-روز رشد لازم برای هر مرحله، دمای حداقل و حداکثر روزانه با استفاده از دستگاه دیتا لاگر ثبت می‌شد و با توجه به آن، درجه-روز رشد لازم برای هر مرحله محاسبه شد. هر ۲ روز گلدان‌ها بازدید و مراحل مختلف رشدی گیاهان مذکور ثبت می‌شدبا استفاده از درجه حرارت ثبت شده در گلخانه و درجه حرارت پایه و ثبت مراحل رویشی، اقدام به محاسبه مقدار درجه-روز رشد در طی مراحل مختلف چرخه‌ی زندگی دو گیاه مذکور شد. شاخص مذکور از مجموع میانگین درجه حرارت‌های بالاتر از دمای پایه گیاه بدست می‌آید و بیانگر مقدار واحد گرمایی مؤثر روزانه برای نمو گیاه می‌باشد. اطلاعات مربوط به ساعات آفتابی از ایستگاه هواشناسی اردبیل تهیه شد. از حاصل جمع واحدهای حرارتی مؤثر روزانه، مجموع درجه-روز رشد لازم برای هر مرحله رویشی گیاه محاسبه شد. شاخص‌های زراعی اقلیمی با استفاده از فرمول های زیر محاسبه شدند.

$$GDD = \sum[\frac{(T_{max}+T_{min})}{2} - Tb] \qquad (۱)$$

GDD درجه روز-رشد، n تعداد روزهای رشد، T_{max} و T_{min} به‌ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه و T_b دمای پایه گیاهان مورد بررسی (۷ درجه سانتیگراد) (Masin *et al*., 2005). دمای کمتر از ۷ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۷ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد محسوب

شدند.

$$HTU= GDD \times Duration\ of\ sunshine\ hours \quad (۲)$$

HTU[1] واحد هلیو ترمال برحسب ساعات آفتابی در درجه روز رشد، GDD درجه روز-رشد و Duration of sun shine hours دوره ساعات آفتابی

$$PTI=GDD/Growth\ days \quad (۳)$$

PTI[2] شاخص فتو ترمال بر حسب درجه روز-رشد در روز، days Growth تعداد روز در هر مرحله رشد و GDD درجه روز-رشد (Maji *et al*., 2014). در پایان تجزیه واریانس داده‌ها با نرم افزار SAS و مقایسات میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table1- PhysicochemicalSomesoil characteristics of the test site soilat different experimental locations

Soil texture	K ($mg.kg^{-1}$)	P ($mg.kg^{-1}$)	Organic carbon (%)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH
Sandy loam	298	14.77	0.84	1.43	7.68

نتایج و بحث

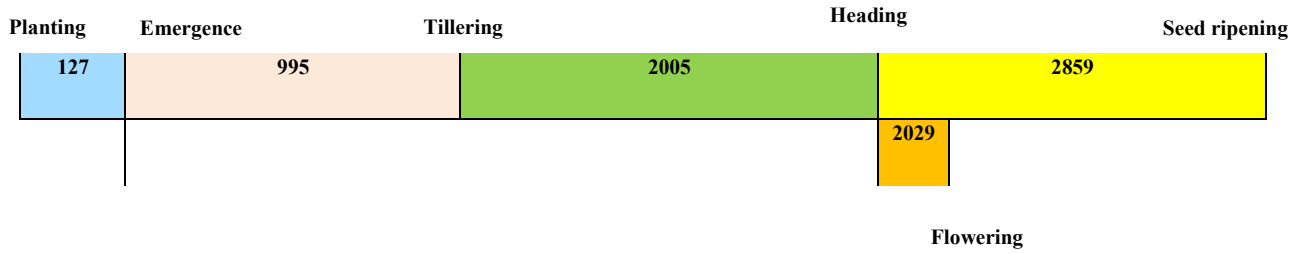
دوره رشدی و درجه-روز رشد تجمعی

با توجه به دوره رشدی دو گونه چاودار وحشی و یولاف وحشی، ۵ مرحله فنولوژیک شامل سبزشدن، پنجه‌زنی، سنبله‌دهی، گلدهی و رسیدگی بذر در آن‌ها مشاهده شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر گونه روی فنولوژی گونه‌های مورد آزمایش در مراحل پنجه‌زنی، سنبله‌دهی، گلدهی و رسیدن بذر (بر حسب روز پس از کاشت) و در تمامی مراحل رشدی (بر حسب درجه-روز رشد) معنی‌دار بود (جدول ۲ و ۳). نتایج مقایسه میانگین جدول (٤) نشان داد که میانگین زمان (روز) لازم برای سبز شدن هر دو گونه چاودار وحشی و یولاف وحشی ۷/۳ روز می باشد، در حالی که میزان درجه-روز رشد دریافتی و مورد نیازشان متفاوت است؛ زیرا این گونه‌ها صفر فیزیولوژیکی مختلفی دارند. چاودار وحشی برای سنبله دهی و گلدهی به‌ترتیب به ۲۰۰٦ و ۲۰۳۰ و یولاف وحشی به ۱٤۲۹ و ۱۵۸۰ درجه-روز نیاز دارند که بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گونه‌های مورد آزمایش است. در شکل ۳ درجه-روز رشد چاودار وحشی و یولاف وحشی به تفکیک مراحل رشد آمده است. در چاودار وحشی مرحله سبزشدن تا پنجه‌زنی با دریافت ۸٦۸ درجه-روز و در یولاف وحشی با ۱۷٦ درجه-روز سپری شد؛ مرحله پنجه‌زنی تا سنبله‌دهی و سنبله‌دهی تا گلدهی با دریافت درجه-روز بیشتری در یولاف‌وحشی نسبت به چاودار وحشی طی شد. در گزارشی مشخص شد، که طول دوره رشد گونه توق خاردار ۱۳٦ روز است، که از سبز شدن تا پایان رسیدگی با کسب ۲٦٤٤ درجه روز- رشد پایان می‌یابد (Ahmadi *et al*., 2023). آگاهی از زمان دقیق رویش علف هرز، مطابق با شرایط آب و هوایی منطقه و همچنین اطلاع از فواصل زمانی مراحل رشدی می‌تواند در کنترل هر چه بهترعلف‌های‌هرز مؤثر باشد؛ چرا که با در دست داشتن اطلاعات دقیق مراحل رشدی، می‌توان زمان کاشت محصولات هم‌خانواده این علف‌های هرز را به گونه‌ای مدیریت کرد، که بتوان قدرت رقابت این علف‌هرز را کاهش داد (Khodapanah *et al*., 2023). همچنین کاربرد علف‌کش در بهترین مرحله از رشد علف هرز، از دیگر فواید دست‌یابی به اطلاعات دقیق فنولوژی علف‌هرز

[1] Helio thermal unit

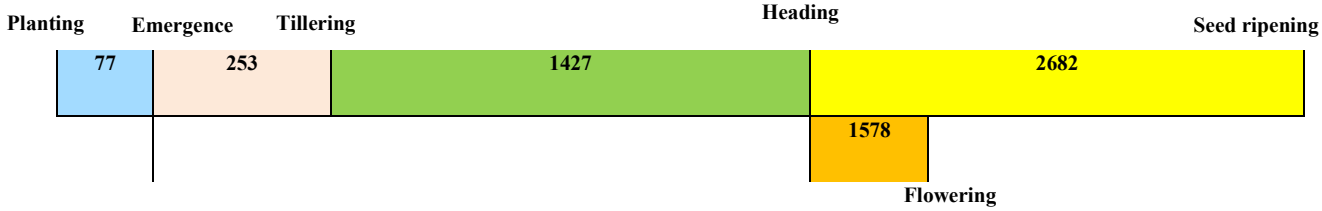
[2] Photo thermal index

است؛ زیرا یکی از مکانیسم‌های انتخابی عمل کردن علف‌کش، زمان کاربرد و توجه به مرحله فنولوژیکی علف‌هرز و محصول است (Cave *et al.*, 2013). در آزمایشی مشخص شد، گندم برای گلدهی به ۱۴۹۴ درجه- روز و برای پر شدن دانه پس از گلدهی به ۷۸۲ درجه-روز و در مجموع برای کامل شدن رسیدگی فیزیولوژیک به ۲۲۷۶ درجه-روز نیاز داشت (Bagheri-kia *et al.*, 2023)، که با تطبیق نتایج تحقیق حاضر با آن می‌توان گفت زمان پر شدن دانه در گندم همزمان با سنبله‌دهی و گلدهی در چاودار وحشی اتفاق می‌افتد. همچنین زمان سنبله‌دهی و گلدهی گندم و یولاف وحشی تقریباً همزمان انجام می‌شود. با توجه به اینکه علف‌های هرز مورد آزمایش در این مراحل رشدی واحدهای فتوترمال و هلیوترمال بیشتری دریافت می‌کنند و برای گذر از این مراحل به انرژی بیشتری نیاز دارند، با توجه به مصادف بودن این مراحل با حساس‌ترین مراحل رشدی گندم، در صورت حضور این گونه‌ها در مزارع گندم، می توانند خسارت قابل توجهی ایجاد کنند. گندم کشت شده در ۳۰ آذر نسبت به تاریخ‌های کاشت دیرتر و زودتر از آن با دریافت کمترین واحدهای دمایی-نوری، دمایی-آفتابی و دمایی رطوبتی مراحل رشدی را طی کرد و بیشترین عملکرد در آن حاصل شد (Bagheri-kia et al., 2023). با توجه نتایج آزمایش حاضر، در این تاریخ کاشت کمترین تداخل با علف‌های هرز صورت گرفته است و به‌نظر می‌رسد، یکی از دلایل بیشتر شدن عملکرد بوده است.



شکل ۱- درجه-روز رشد تجمعی مورد نیاز چاودار وحشی

Figure 1- The required cumulative growth degree-day for wild rye



شکل ۲- درجه-روز رشد تجمعی مورد نیاز یولاف وحشی

Figure 2- The required cumulative growth degree-day for wild oats

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درجه-روز رشد چاودار وحشی و یولاف وحشی (روز بعدازکاشت)

Table 2- ANOVA (mean squares) of phenological stages of wild rye and wild oats (based on day after planting)

Source of variation	df	Mean squares				
		Emergence	Tillering	Heading	Flowering	Seed ripening
Replication	3	0.05ns	0.16ns	0.39ns	0.12ns	0.34ns
Species	1	0.01ns	1928**	2474**	1737**	1060**
Error	3	0.06	0.25	0.2	0.15	0.2

C.V (%)	3.2	1.36	0.18	0.44	0.3

، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

جدول۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درجه-روز رشد چاودار وحشی و یولاف وحشی (براساس درجه-روز رشد)

Table 3- ANOVA (mean squares) of phenological stages of wild rye and wild oat (based on growth degree day)

Source of variation	df	Mean squares				
		Emergence	Tillering	Heading	Flowering	Seed ripening
Replication	3	23.8ns	160.8ns	176.5ns	55.4ns	232ns
Species	1	4925**	1099644**	667012**	404550**	16952**
Error	3	31.3	33	9.8	70	78
C.V (%)	-	5.4	0.9	0.2	0.5	0.32

ns، ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively

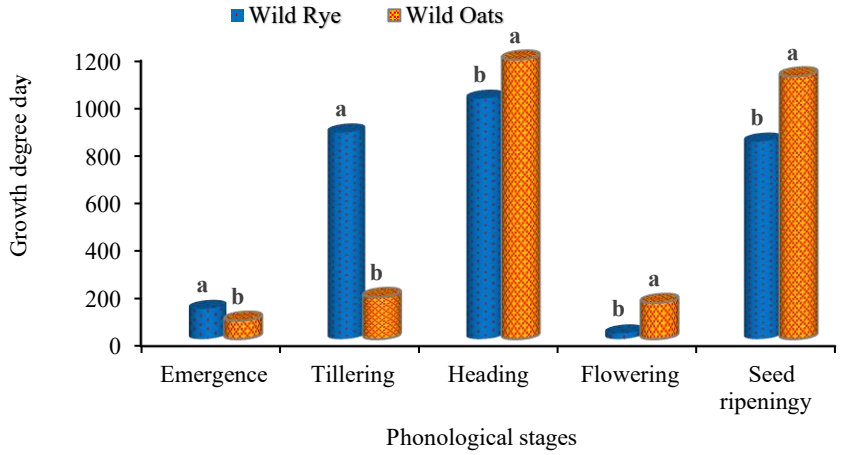
جدول ٤- مقایسه میانگین طول دوره (روز پس از کاشت) و درجه روز-رشد مراحل فنولوژیکی چاودار وحشی و یولاف وحشی

Table 4- Mean comparison for the Course length (day after planting) and the Growth degree day of the phenological stages of wild rye and wild oats

Species	Emergence		Tillering		Heading		Flowering		Seed ripening	
	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD	DAY	GDD
Wild Rye	7.3a	127a	52.6a	996a	100.6a	2006a	101.8a	2030a	140.5a	2860a
Wild Oats	7.3a	77.5b	21.5b	254b	65.5b	1429b	72.4b	1580b	117.5b	2684b
LSD	0.53	12.6	1.13	12.9	0.3	7	0.87	18.8	0.33	19.9

در هر ستون میانگین‌های داری حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD P ≤ 0.05).

In each column, means followed are not significantly different, (LSD P ≤ 0.05)



شکل۳- درجه روز-رشد لازم به تفکیک مراحل فنولوژیکی چاودار وحشی و یولاف وحشی

Figure 3- Growth degree day required by different phenological stages of wild rye and wild oat

شاخص‌های هلیوترمال (HTI) و فتوترمال (PTI)

از آنجا که رشد علف‌های هرز تابعی از دما و نور است، از این شاخص‌ها می‌توان برای پیش‌بینی زمان دقیق اوج رشد علف‌های هرز و بهینه‌سازی زمان اجرای روش‌های کنترلی استفاده کرد (Wang and Li, 2021). نتایج جدول ۵ بیان‌گر این نکات است که درصد اختلاف در شاخص فتوترمال بین تیمارها در مرحله سبزشدن به میزان ۵۲ درصد، پنجه‌زنی ۷۸ درصد، سنبله‌دهی ٤۵ درصد،

گلدهی ۳٤ درصد و در زمان رسیدگی بذر ۸ درصد می‌باشد. بنابرین بیشترین و کمترین اختلاف در شاخص هلیوترمال بین تیمارها به‌ترتیب در مرحله پنجه‌زنی و رسیدگی بذر مشاهده شد. واحد هلیوترمال در گندم ارزیابی و گزارش شده است (Kumar *et al*., 2014)، و با توجه به اینکه گونه‌های گیاهی مورد آزمایش از مهمترین علف‌های هرز مزارع گندم می‌باشند، بنابرین با تطبیق نتایج آزمایش حاضر می‌توان اعمال مدیریت در این مزارع را در حساس‌ترین مرحله رشدی علف‌هرز (رساندن حداکثر خسارت) انجام داد، به طوری که کمترین تداخل را با مراحل رشدی حیاتی گندم داشته باشد. از شاخص‌های مهم زراعی اقلیمی که اخیراً در مطالعات فنولوژی گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گرفته است، می‌توان به شاخص فتوترمال اشاره نمود (Grijesh *et al*., 2011). چاوداروحشی و یولاف‌وحشی از نظر شاخص فتوترمال در مراحل سبزشدن، پنجه‌زنی، سنبله‌دهی، گلدهی و رسیدن بذر به‌ترتیب به میزان ٤۹ درصد، ٤٦ درصد، ۹ درصد، ۹ درصد و ۱۲ درصد اختلاف داشتند، که نشان می‌دهد بیشترین اختلاف در مرحله سبز شدن و کمترین آن در مرحله سنبله‌دهی است. نتایج نشان می‌دهد، بین چاودار وحشی و یولاف وحشی در شاخص هلیوترمال و فتوترمال، بیشترین و کمترین اختلافات، در مراحل رشدی متفاوتی قرار دارد. نتایج جدول ۵ بیان‌گر این است که چاودار وحشی در مرحله سبزشدن و پنجه‌زنی به میزان شاخص فتوترمال بیشتری نیاز دارد. اما در مراحل سنبله‌دهی تا رسیدن بذر در یولاف وحشی این شاخص افزایش می‌یابد؛ که دلیل آن کند بودن سرعت طی شدن مراحل فنولوژیکی در مراحل ابتدایی رشد، در گیاه چاودار می‌باشد. در تمامی مراحل رشدی از سبز شدن تا رسیدن بذر، چاودار وحشی نسبت یولاف‌وحشی به شبدر به واحدهای هلیوترمال بیشتری نیاز داشت، بنابرین این گیاه به ساعات آفتابی بیشتری برای کامل کردن چرخه زندگی نیاز دارد و در مناطق ابری احتمالاً از میزان خسارت آن به محصول زراعی کاسته خواهد شد. عملکرد زیستی و دانه گیاهان همبستگی بالایی با طول دوره رشد دارد و دما مهم‌ترین عامل اثر گذار در طول دوره رشد و نمو گیاه محسوب می‌شود (Liu *et al*., 2021). همچنین گرم شدن کره زمین در اثر تغییر اقلیم، باعث تغییر یا تسریع در مراحل فنولوژیک و در نتیجه کاهش عملکرد گیاهان شده است (Asseng *et al*., 2015). بنابرین کنترل طول مراحل فتولوژیک گیاهان زراعی از طریق تغییر تاریخ کاشت، سبب سازگاری گیاه با شرایط محیطی و تاثیر پذیری کم‌تر آن نسبت به تنش‌های زیستی مانند علف‌های هرز و تنش‌های غیر زیستی می‌شود. در آزمایشی مشخص شد مراحل فنولوژیک و شاخص‌های زراعی-اقلیمی در ارقام مختلف سیب‌زمینی متفاوت است (Ahmadi *et al*., 2024). بنابرین در انتخاب ارقام محصولات زراعی نیز برای مدیریت علف‌های بایستی دقت نمود.

جدول ۵- شاخص فتوترمال و شاخص هلیوترمال در طی مراحل فنولوژیکی چاودار وحشی و یولاف وحشی

Table 1- Photo thermal index (PTI) and helio thermal index during the phenological stages of wild rye and wild oats

Species	Emergence		Tillering		Heading		Flowering		Seed ripening	
	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU	PTI	HTU
Wild Rye	17.41	965.8	18.92	78.53	19.94	18949	19.97	19217	20.35	28634
Wild Oats	10.61	567.5	11.79	3452.4	21.84	11887	21.90	13602	22.84	26471

در هر ستون میانگین‌های داری حروف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند (LSD P ≤ 0.05).

In each column, means followed are not significantly different, (LSD P ≤ 0.05).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اثر گونه روی مراحل فنولوژیک علف‌های هرز مورد آزمایش در مراحل پنجه‌زنی، سنبله‌دهی، گلدهی و رسیدن بذر (بر حسب روز پس از کاشت) و در تمامی مراحل رشدی (بر حسب درجه-روز رشد) معنی‌دار بود. بین گونه علف‌هرز چاودار وحشی و یولاف وحشی تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص‌های فتوترمال و هلیوترمال وجود داشت. بیشترین و کمترین اختلاف در شاخص هلیوترمال بین تیمارها به‌ترتیب در مرحله پنجه‌زنی و رسیدگی بذر مشاهده شد. در تمامی مراحل رشدی از سبزشدن تا رسیدن بذر، چاودار وحشی نسبت به یولاف وحشی به واحدهای هلیوترمال بیشتری نیاز داشت، بنابرین این گیاه به ساعات آفتابی بیشتری برای کامل کردن چرخه زندگی نیاز دارد و در مناطق ابری احتمالاً از میزان خسارت آن به محصول زراعی کاسته خواهد شد. با شناسایی این تفاوت‌ها و کاربرد آن در مدیریت مزارع می‌توان، تا حد زیادی در بهبود انواع مدیریت‌ها و کاهش هزینه‌های تولید عمل نمود. با چنین رویکردی می‌توان به سمت سلامت جامعه و ثبات امنیت غذایی در آینده گام برداشت.

سپاسگذاری

بدین وسیله از تمامی عزیزانی که در طول انجام این پروژه مرا یاری کرده‌اند، به‌ویژه همکاران ارجمند در بخش‌های مختلف آزمایشگاهی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی کمال تشکر و قدردانی را دارم.

References

ACHARYA, J., MOORMAN, T.B., KASPAR, T.C., LENSSEN, A.W., GAILANS, S. and ROBERTSON, A.E. 2022. Effect of planting into a green winter cereal rye cover crop on growth and development, seedling disease, and yield of corn. Plant Disease, 106: 114-120. https://doi.org/10.1094/PDIS-04-21-0836-RE

AHMADI, A., ZAAFARIAN, F., REZVANY, M. and MANSOORI, I. 2023. Determination of cardinal temperature and phenology stages of two species of *Xanthium spinosum* and *Xanthium strumarium* (X) based on the degree of day growth. Production and processing of agricultural and horticultural products, 13(4): 17-33. (In Persian). https://doi.org/10.47176/jcpp.13.4.34444

AHMADI, M., MOHAMMADDOST-CHAMANABAD, H.R., FARZANEH, S. and ASGHARI, A. 2024. Evaluation of phenological stages of three potato cultivars based on degree-day of growth, light and thermal indices and its effect on yield, Journal of vegetable science, 28 (2): 1-14 (in Persian)

AHMADI, M., MOHAMMADDOST-CHAMANABAD, H.R., Farzaneh, S. and Asghari, A. 2019b. Life cycle study of Amaranthus retruflexus and *Visia villosa* based on degree-days of growth. 2nd International Conference on Medicinal Plants, Organic Farming, Natural and Medicinal Materials in Mashhad. (In Persian with English abstract).

AHMADI, M., MOHAMMADDOST-CHAMANABAD, H.R., FARZANEH, S. and ASGHARI, A. 2019a. The study of the development speed of Abutilon Theophrasti and Datura Stramonium. 2nd International Conference on Medicinal Plants, Organic Farming, Natural and Medicinal Materials in

Mashhad. (In Persian with English abstract).

ALEEBRAHIM, M.T., MEYGHANI, F., RASHED-MOHASSEL, M.H. and BAGHESTANI, M.A. (2009). Study of phenology in Russian knapweed (*Acropilton repens*) based on growing day degree. Applied Entomology and Phytopathology, 77(2): 119-136. (In Persian)

ANONYMOUS. 2019. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. World Population Prospects 2019: Highlights (ST/ESA/SER.A/423)

ASSENG, S., EWERT, F., MARTRE, P., RÖTTER, R.P., LOBELL, D.B., CAMMARANO, D., KIMBALL, B., OTTMAN, M. J., WALL, G. and WHITE, J.W. 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. Nature Climate Change, 5: 143-147. http://doi.org/10.1038/nclimate2470

AYNEHBAND, A., SHOHANI, M. and FATEH, E. 2019. Evaluation of Agrochemical characters of the wheat agroecosystem as affected double cropping systems and bio- chemical fertilizer management. Journal of Plant Production Research, 26 (2): 71-84. http://doi.org/10.22069/JO PP.2019.14557.2307

BAGHERI-KIA, S., SOGHI, H.A. SEYEDI, F., KHODARAHMI, M., NAGHIPOOR, F. and NAZARI, M. 2023. Effect of sowing date and agro-climatic indices on grain yield of new bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in Gorgan region, Iran. Journal of Agricultural Sciences of Iran, 25(1): 20-41. (In Persian). http://doi.org/20.1001.1.23223243.2021.19.1.2 9.0

BASKIN, J.M., and BASKIN, C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed* Science Research, 14(1), 1-16.

CAVE, R.L., HAMMER, G.L., MCLEAN, G., BIRCH, C.J., ERWIN J.E. and JOHNSTON, M.E. 2013. Modeling temperature, photoperiod, and vernalization responses of Brunonia australis (*Goodeniaceae*) and Calandrinia sp. (*Portulacaceae*) to predict flowering time. Annals of Botany, 111(4): 629-639. https://doi.org/10.1093/aob/mct028

DANE, J.H. and TOPP, G.C. 2002. Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Method. Soil Science. Soc. Amer. J. Inc. Madison, Wisconsin, USA. https://doi.org/10.2113/3.2.722

FORCELLA, F., Benech-Arnold, R., Sanchez, R., and Ghersa, C. 2000. Modeling seedling emergence. Field Crop Research, 67: 123-139. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00088

GRIJESH, G.K., KUMARA SWAMY, A.S., SRIDHARA, S., DINESH KUMAR, M., VAGEESH T.S. and NATARAJU, S.P. 2011. Heat use efficiency and helio thermal units of maize genotypes as influenced by date of sowing under Southern transitional zone of Karnataka state. International Journal of Science and Nature, 2: 529-533.

GUPTA, P.K. 2004. Soil, Plant, Water, and fertilizer analysis. Agro bios. India.

Hamzei, J., Seyedi, M. and Babaei, M. 2016. Competitive ability of lentil (*Lens culinaris* L.) cultivars to weed interference under rain-fed conditions. Journal of Agroecology, 8(1): 82-

94. (In Persian). https://doi.org/10.22067/JAG.V8I1.3466

KHODAPANAH, G., GHEREKHLOO, J., SOHRABI, S. and GHADERI-Far, F. Golmohammadzadeh, S. 2023. Phenological response patterns and productive ability of Fallopia convolvulus to weather variability in Iran. Agronomy, 18(3): e3211. https://doi.org/ 10.5039/agraria.v18i3a3211 - Protocol 3211

KUMAR, N., KUMAR, S., MAIN, A.S. and ROYO, S. 2014. Thermal indices to crop phenology of wheat (*Triticumae stivum* L.) and urd (*Vigna mungo hepper* L.) at Taria region of Uttarakhand. *Mausam*, 65: 215-218. https://doi.org/10.54302/mausam.v65i2.977

KUMAR, V., LIU, R. and LAMBERT, T. 2020. Response of Kansas feral rye populations to aggressor herbicide and management in CoAXium wheat production system, Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports. https://doi.org/10. 4148/2378-5977.7939

LIU, B., LIU, L., ASSENG, S., ZOU, X., LI, J., CAO,

MILLER, A.L., and KEENEY, D.R. 1982. Method of soil analysis (part 2: chemical and

MOGHANLOO, H.A., ALIZADEH, H., and OVEIS, M. 2013. I am predicting the seedling emergence of Hordeum spontanum. do the emerged ecotypes from different climates in Iran indicate different patterns of emergence? Weed Science, 9: 15- 26.

of Agronomy, Madison, p 1121.

OLSEN, SR., and SOMMERS, L.E. 1982. Phosphorus. In: Page A.L. (ed), Methods of

W. and ZHU, Y. 2016. Modeling the effects of heat stress on post-heading durations in wheat: A comparison of temperature response routines. Agricultural and Forest Meteorology, 222: 45-58. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.03.0 06

LOWRY, C.J. and SMITH, R.G. 2018. Weed Control through Crop Plant Manipulations. Non-Chemical Weed Control (Elsevier), 73-96. (Handbook)

MAJI, S., BHOWMICK, M., BASU, S., CHAKRABORTY, P. and JENA, S. 2014. Impact of agro-meteorological indices on growth and productivity of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Eastern India. Journal of Crop and Weed, 10(2): 183-189.

MASIN, R., M. C. ZUIN, D. A. ARCHER, G. ZANIN, and S. P. M. SATTIN. 2005. Temperature and Water Potential as Parameters for Modeling Weed Emergence in Central-Northern Italy. Weed Science, vol. 53, no. 5. 639–649

microbiological properties). *American Society*

Soil Analysis, Agronomy. No. 9, Part 2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed., American Society Agronomy, Madison, Pp, 403-430.

SMITH, A.E. 2017. A History of Mechanical Weed Management. Handbook of Weed Management Systems (Routledge). (Book)

TESTER, M., and LANGRIDGE, P. 2010. Breeding technologies to increase crop production in a

changing world. *Science*, 327: 818-822.

WALKLEY, A. and BLACK, I.A. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. Soil Science, 37: 29-38.

WHITE, A.D., LYON, D.J., MALLORY-SMITH, C., MEDLIN, C.R. and YENISH, J.P. 2006. Feral rye (*Secale cereale* L.) in agricultural production systems. Weed Technology, 20: 815-823.

WANG, J., and LI, X. 2021. A modified heliothermal model for predicting spring phenology in temperate trees. Agricultural and Forest Meteorology, 307, 108468.