

## پیش‌بینی رویش علف‌های هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و شلمی (*Rapistrum rugosum* (L.) All) در کلزا

رحمان خاکزاد<sup>۱\*</sup>، بهروز خلیل طهماسبی<sup>۲</sup>

۱. مربی، گروه مهندسی کشاورزی، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

۲. استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۹

### چکیده

زمان‌بندی رویش علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین متغیرهایی است که نحوه واکنش گونه‌ها به اقدامات مدیریتی را تعیین می‌کند. از این رو برای پیش‌بینی الگوی رویش خردل وحشی و شلمی تحت عملیات مختلف مدیریتی آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در آموزش‌شده کشاورزی ساری در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی، دو سیستم خاک‌ورزی رایج و بدون خاک‌ورزی و سه دز مختلف علف‌کش بوتیزان استار (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار) بودند. تابع لجیستیک سه پارامتره روند کلی الگوی رویش خردل وحشی و شلمی را در برابر زمان دمای خاک (STT) به خوبی توصیف نمود. نتایج نشان داد خردل وحشی در سیستم بدون خاک‌ورزی دارای میانگین زمان رویش کمتر (۹۶/۰۱) و شاخص سرعت رویش بالاتر (۰/۲۹) در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی رایج بود و با دریافت درجه روز رشد (T<sub>50</sub>) کمتر (۷۴۲/۲۱)، سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی خود دست یافت. در مقابل شلمی در سیستم خاک‌ورزی رایج دارای میانگین زمان رویش کمتر (۷۵/۳۸) و شاخص سرعت رویش بالاتر (۰/۲۶) نسبت به سیستم بدون خاک‌ورزی بود و با دریافت T<sub>50</sub> پایین‌تر (۶۱۶/۵۲)، سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی خود رسید. همچنین نتایج نشان داد که خردل وحشی و شلمی در دز ۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار بوتیزان استار دارای بیشترین میانگین زمان رویش (به ترتیب ۱۰۳/۱۰ و ۷۸/۳۰) و پایین‌ترین شاخص سرعت رویش (به ترتیب ۰/۰۸ و ۰/۰۷) بودند و با دریافت T<sub>50</sub> بالاتر (به ترتیب ۸۵۱/۶۷ و ۶۴۰/۷۵)، دیرتر به ۵۰ درصد رویش تجمعی گیاهچه دست یافتند. در مجموع شلمی در هر دو سیستم خاک‌ورزی و هر سه دز علف‌کش بوتیزان استار دارای میانگین زمان رویش کمتر در مقایسه با خردل وحشی بود و با دریافت T<sub>50</sub> پایین‌تر، سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی گیاهچه در ابتدای فصل رشد دست یافت. بر این اساس مرحله رشدی مناسب برای کنترل شلمی هنگامی است که هنوز موج اصلی گیاهچه‌های گونه غالب دیگر رویش پیدا نکرده است. نتایج این تحقیق اطلاعات قوی در مورد پیش‌بینی زمان رویش علف‌های هرز خردل وحشی و شلمی ارائه می‌کند که می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا تصمیمات مدیریتی بهتری بگیرند.

**کلیدواژه‌ها:** الگوی رویش، بدون خاک‌ورزی، خاک‌ورزی، دز علف‌کش، رویش تجمعی

## مقدمه

هرز شده است. به طوری که کنترل شیمیایی به عنوان مهم-ترین روش کنترل علف‌های هرز در کلزا محسوب می‌شود. با این وجود تنها سه پهن‌برگ‌کش اختصاصی تریفلورالین (ترفلان)، کلوپیرالید (لونترل) و کوئین مراک متازاکلر (بوتیزان استار) در کلزا ثبت شده است (Zand et al., 2019).

بوتیزان استار علف‌کشی دو منظوره که از مخلوط متازاکلر (خانواده کلرواستانیلید) + کوئین مراک (خانواده اسید کوئینولین کربوکسیلیک) تشکیل شده است (Zand et al., 2019). این علف‌کش قادر است گونه‌های تاج‌خروس وحشی (*Amaranthus spp.*)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، گاوزبان بدل (*Anchusa sp.*)، چسبک (*Setaria vericillata* L.)، خردل وحشی و سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) را بیش از ۹۰ درصد کنترل کند (Shimi et al., 2014). کاربرد بوتیزان استار در نظام‌های کم‌خاک-ورزی نیز قادر است تراکم و وزن خشک علف‌های هرز کلزا را به ترتیب ۷۶ و ۶۸ درصد کنترل کند (Forouzandeh et al., 2017).

برای کاهش مشکلات مربوط به علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه، کشاورزان از علف‌کش‌ها در اواخر پاییز یا اوایل بهار استفاده می‌کنند. کاربرد علف‌کش پاییزی کنترل رضایت-بخش علف‌های هرز را فراهم می‌کند (Hasty et al., 2004) و ممکن است در مقایسه با کاربرد اوایل بهار، به ویژه در سال‌های مرطوب، مفید باشد، زیرا کشاورزان می‌توانند حجم کار خود را در طول زمان بهتر گسترش دهند (Krausz et al., 2003). علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه در پاییز یا اوایل بهار، زمانی که کوچک هستند، به تیمارهای علف‌کش حساس‌ترند. در اواخر بهار، اگر علف‌های هرز در مرحله رشد سریع باشند، کاربرد علف‌کش ممکن است منجر به کنترل مطلوب نشود (Johnson et al., 2008). تحقیقات کمی بر روی استفاده از زمان رویش علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه برای تصمیم‌گیری‌های مدیریت علف‌های هرز متمرکز شده است (Cici & Van Acker, 2009). مدل‌های پیش‌بینی‌کننده رویش علف‌های هرز ممکن است آگاهی از زمان‌بندی و توالی رویش گونه‌های علف‌های هرز را تحت شرایط مزرعه فراهم کنند و به کشاورزان کمک کنند تا بهترین زمان را برای اقدامات مدیریتی (یعنی کاربرد علف‌کش، خاک‌ورزی) انتخاب کنند. زمان رویش علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه کلزا در کانادا و جنوب ایالات متحده

علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه معمولاً در پاییز رویش می‌یابند، به صورت دانه‌های کوچک زمستان‌گذرانی کرده، در طول بهار رشد می‌کنند و در اواخر بهار یا اوایل تابستان بعد از تولید بذر از بین می‌روند (Radosevich et al., 2007). یک‌ساله‌های زمستانه توانایی زنده ماندن و رشد را در مواقعی از سال دارند که شرایط محیطی، عمدتاً دما، برای رشد سایر گونه‌های گیاهی مساعد نیست. یک‌ساله‌های زمستانه را می‌توان بیشتر یا به عنوان مطلق، جایی که جوانه‌زنی فقط در پاییز و زمانی که دما در حال کاهش است، رخ می‌دهد، یا اختیاری، جایی که جوانه‌زنی هم در پاییز و هم در بهار اتفاق می‌افتد، طبقه‌بندی کرد (Baskin & Baskin, 2014; Cici, 2009 & Van Acker, 2009). علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه اختیاری شانس بقای خود را افزایش می‌دهند، زیرا خطر حذف در طی یک دوره واحد کاهش می‌یابد (مثلاً مدیریت اواخر پاییز یا از بین بردن زمستانه). علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده کشت کلزا محسوب می‌شوند (Harker et al., 2014; Pacanoski, 2014). به علت رشد بطئی کلزا در اوایل دوره رویش، این گیاه در معرض رقابت جدی علف‌های هرز قرار دارد (Pacanoski, 2014). کاهش عملکرد کلزا به واسطه رقابت در کشت پاییزه عمدتاً در هنگام طویل شدن ساقه و در کشت بهاره اغلب در مراحل اولیه رشد صورت می‌گیرد (Azizi et al., 1999). رقابت علف‌های هرز نه تنها عملکرد کلزا را کاهش می‌دهد، بلکه کیفیت و ارزش اقتصادی آن را نیز کاهش می‌دهد (Pacanoski, 2014). علف‌های هرز علاوه بر رقابت با گیاه زراعی و اثر بر کیفیت و کمیت محصول می‌توانند سبب اختلال در برداشت محصول نیز شده و منجر به توسعه آفات و بیماری‌ها گردند (Zhang et al., 2018). آزمایشی نشان داد که رقابت تمام فصل دو علف هرز خردل وحشی و سلمی سبب کاهش معنی‌دار اجزای عملکرد، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن دانه کلزا نسبت به شاهد شد (Mirshekari, 2010).

کنترل علف‌های هرز به ویژه در مراحل اوایه رشد کلزا ضروری است. کلزا در مراحل ابتدایی رشد قدرت رقابت با علف‌های هرز را ندارد، به همین دلیل حذف نسبتاً زود هنگام علف‌های هرز توصیه شده است (Clayton et al., 2002). از طرف دیگر افزایش هزینه‌های تولید باعث افزایش تمایل کشاورزان به کاربرد علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های

که رطوبت خاک بالاتر از آستانه محتوای آب خاک باشد که برای جوانه‌زنی بذر ( $Y_{base}$ ) لازم است. گزارش شده است که نوسان دمایی باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه می‌شود (Bond *et al.*, 2004). علاوه بر این، رویش علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه تحت شرایط مزرعه به دوره‌ای محدود می‌شود که دمای خاک در محدوده دمایی مجاز برای جوانه‌زنی قرار می‌گیرد (Benech-Arnold *et al.*, 2000). پاسخ‌های فیزیولوژیکی به نوسانات دمایی به عنوان مکانیسم‌های سنجش عمق دفن در بذرها پیشنهاد شده است (Kegode *et al.*, 1998). نوسان دمایی به ندرت در مدل‌های پیش‌بینی برای رویش علف‌های هرز گنجانده می‌شود؛ بنابراین، ترکیب این جزء محیطی ممکن است دقت مدل‌های پیش‌بینی را بهبود بخشد.

اهداف این تحقیق درک نقش دمای خاک در رویش خردل وحشی و شلمی در کلزا و توسعه مدل‌های پیش‌بینی‌کننده برای رویش این دو علف هرز بر اساس تجمع TT بود.

مشخصات این رقم می‌تواند به متوسط عملکرد دانه ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته ۱۴۰ تا ۱۶۰ سانتی متر، وزن هزار دانه ۳/۴ تا ۵/۳ گرم، میزان روغن دانه ۴۰ تا ۴۴ درصد، روز تا رسیدن ۱۶۰ تا ۱۷۰ روز، تحمل به خوابیدگی و بیماری فوما اشاره کرد. ابعاد هر کرت آزمایشی نیز ۵ در ۴ متر بود. هر کرت شامل ۹ ردیف کاشت به فواصل بین ردیف ۲۵ سانتی متر بود.

قبل از اجرای آزمایش، مزرعه‌ای با سابقه کشت کلزا و آلودگی بالا به گونه‌های علف هرز یک‌ساله به خصوص خردل وحشی و شلمی انتخاب شد. سپس طرح آزمایشی در طی فصل رشد ۱۴۰۱ در این محل به اجرا درآمد. مزرعه محل اجرای آزمایش قبل از اجرای طرح به دو منطقه یکنواخت برای سازگار کردن تیمارهای خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی تقسیم شد. این مزرعه در بهار و تابستان سال ۱۴۰۱ به زیر کشت برنج نشایی رفته بود. قبل از کاشت در کرت‌های بدون خاک‌ورزی، ساقه‌های باقیمانده برنج با استفاده از ساقه خردکن قطعه قطعه گردید. مطابق عرف منطقه در کرت‌های خاک‌ورزی قبل از کاشت ابتدا دو دیسک عمود بر هم زده شد و سپس از سیکلوتیلر به منظور عملیات تسطیح و نرم کردن خاک استفاده گردید. کوددهی نیز براساس آنالیز خاک در هر دو سیستم خاک‌ورزی انجام شد. کاشت در هر دو سیستم خاک‌ورزی در تاریخ ۱۶/۷/۱۴۰۱ انجام شد. بعد

گزارش شده است (Marschner *et al.*, 2024; Cici & Van Acker, 2009)، اما الگوی رویش شایع‌ترین گونه‌های علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه کلزا در منطقه مازندران، تا جایی که جستجو شده، بررسی نشده است.

تعدادی از رویکردهای تجربی مختلف برای پیش‌بینی رویش علف‌های هرز استفاده شده‌اند، اما متداول‌ترین روش‌های مورد استفاده، مدل‌های زمان دمایی (TT (Thermal Time) و زمان رطوبتی دمایی (HTT (Hidro Thermal Time) هستند. از آنجایی که دما عامل محیطی اصلی تنظیم‌کننده جوانه‌زنی و رویش است (Marschner *et al.*, 2024)، مدل‌های TT برای پیش‌بینی رویش چندین گونه علف هرز بر اساس تجمع واحدهای حرارتی بالاتر از حداقل مقدار پایه ( $T_{base}$ ) یعنی درجه روز رشد توسعه یافته‌اند. از آنجایی که آب نیز یک جزء ضروری برای جوانه‌زنی بذر است، گومرسون (1986) مفهوم HTT را پیشنهاد داد که اثرات محتوای آب خاک بر زمان رویش گیاهچه را محاسبه می‌کند. مدل‌های HTT تنها زمانی اجازه تجمع واحدهای حرارتی را می‌دهند

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۱ در آموزشکده کشاورزی ساری واقع در ۱۵ کیلومتری شمال شرق ساری با مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۶ متر از سطح دریا اجرا شد. بافت خاک منطقه اجرای طرح نسبتاً سنگین و لومی رسی و دارای اسیدپتته ۷/۸۶، ماده آلی ۲/۵۱ درصد، هدایت الکتریکی ۱/۰۳ دسی زیمنس بر متر، ۰/۱۲ درصد نیتروژن، ۱/۴۶ درصد کربن آلی، ۱۲/۶ پی پی ام فسفر قابل جذب و ۲۶۸ پی پی ام پتاسیم قابل جذب بود. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. در این آزمایش فاکتورهای مورد بررسی شامل دو سیستم خاک‌ورزی (کاشت بدون خاک‌ورزی و کاشت پس از آماده سازی زمین با دیسک + سیکلوتیلر)، به عنوان عامل اصلی و دزهای مختلف علف‌کش بوتیزان استار (کوئین مراک + متازاکلر) (SC 41.6%) (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. دو روز پس از کاشت و قبل از جوانه‌زنی کلزا، سمپاشی بر اساس تیمارهای ارائه شده با استفاده از سمپاش پشتی مجهز به نازل شره‌ای و با فشار ۲ تا ۲/۵ بار (کالیبره شده بر اساس مصرف ۲۰۰ تا ۳۰۰ لیتر آب در هکتار) انجام شد. رقم مورد مطالعه در این آزمایش Hayola 50 بود. از

تا ۴ نسل در سال دارد و با توجه به آلودگی مجدد مبارزه با این آفت در چند مرحله (هر دو هفته یک بار) صورت گرفت. برای پیش‌بینی الگوی رویش در هر پلات یک کوادرات ثابت به اندازه ۵۰ در ۵۰ سانتیمتر در مرکز هر پلات قرار گرفت و از ابتدای فصل بعد از اولین آبیاری شمارش گیاهچه‌های تازه روئیده براساس نوع گونه آغاز شد. شمارش هر هفته تکرار و سپس گیاهچه‌های شمرده شده در هر مرحله حذف شدند تا زمانی که رویش جدید مشاهده نشد (مرحله نمونه- برداری تقریباً تا زمان سرد شدن هوا که دیگر رویشی مشاهده نشد، ادامه یافت).

به منظور توصیف الگوی رویش گیاهچه‌های هرز خردل وحشی و شلمی، رویش تجمعی هر یک از این گونه‌ها در برابر زمان دمای خاک ( $STT$ ) با استفاده از مدل لژیستیک سه پارامتره (Brown & Mayer, 1988; Eizenberg *et al.*, 2005) (رابطه ۲) محاسبه شد:

$$E = \frac{E_{max}}{1 + \left(\frac{STT}{T_{50}}\right)^{E_{rate}}} \quad \text{رابطه ۲}$$

که در آن  $E$  رویش تجمعی علف هرز در طول فصل،  $E_{max}$  مجانب بالای منحنی یا همان حداکثر درصد رویش تجمعی علف هرز،  $T_{50}$  نشانگر  $GDD$  (زمان دمایی خاک یا همان درجه روز رشد) هنگامی که  $E$ ، ۵۰ درصد حداکثر رویش تجمعی (متوسط) است و  $E_{rate}$  شیب منحنی یا نرخ رویش به ازای هر  $STT$  محسوب می‌شود. لازم به ذکر است برآوردهای پارامتری با استفاده از تست‌های  $t$  دو طرفه مقایسه شدند ( $P < 0.001$ ). ارزیابی برازش مدل با ریشه میانگین مربعات خطا ( $RMSE$ ) و ضریب دقت اندازه‌گیری ( $R^2_{adj}$ ) (Izquierdo *et al.*, 2009) انجام شد.  $RMSE$  با معادله زیر (رابطه ۳) محاسبه شد:

$$RMSE = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{رابطه ۳}$$

که در آن  $P_i$  و  $O_i$  به ترتیب مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده رویش و  $n$  تعداد مشاهدات است. همچنین ضریب دقت اندازه‌گیری ( $R^2_{adj}$ ) با استفاده از برازش توابع توسط مدل لژیستیک سه پارامتره در نرم افزار Sigma Plot 12.5 محاسبه شد. مقادیر  $RMSE$  کوچکتر و  $R^2_{adj}$  نزدیکتر به یک نشانگر برازش بهتر مدل می‌باشد. برازش توابع با استفاده از

از کاشت تا زمان گلدهی نهایی هر هفته یک دور آبیاری صورت گرفت (کلزا در اوایل رشد به آب کمتر، در مرحله گلدهی و طول شدن خورجین گیاه به آب زیاد، در مرحله هشت برگی به ۲ تا ۳ میلی‌متر آب در روز و در مرحله گلدهی نهایی به ۷ تا ۸ میلی‌متر آب در روز نیاز دارد، به همین علت بر اساس نیاز کلزا به آبیاری در هر مرحله تا گلدهی نهایی هر هفته آبیاری صورت گرفت). ۲۰ روز پس از کاشت برای از بین بردن لارو سفیده بزرگ کلم از حشره کش روی اگرو (ماترین) (SL 0.6%) به نسبت ۵۰۰ سی سی در هکتار استفاده گردید. با توجه به اینکه این آفت ۲

### محاسبات آماری

برای محاسبه رویش تجمعی گیاهچه‌ها (گیاهچه‌های جوانه زده از سطح خاک) در طول فصل، تعداد گیاهچه‌های هر گونه بر مبنای تعداد گیاهچه در متر مربع محاسبه شد. با توجه به اینکه در این آزمایش بعد از کاشت تا پایان نمونه برداری، آب خاک یک عامل محدود کننده برای رویش گونه‌های علف‌های هرز نبود (به دلیل آبیاری و بارندگی)، از زمان دمای خاک ( $STT$ ) به عنوان تنها متغیر مستقل برای پیش‌بینی رویش تجمعی استفاده شد. لذا  $STT$  با دمای خاک از معادله زیر (رابطه ۱) به دست آمد:

$$STT = \sum_{i=1}^n (ST_{mean} - T_{base}) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در آن  $ST_{mean}$  متوسط دمای روزانه خاک،  $T_{base}$  دمای پایه جوانه‌زنی گونه علف هرز یا پایین‌ترین دمایی که بذر علف هرز جوانه می‌زند و  $n$  تعداد روزهای پس از کاشت است. دماهای پایه‌ای که در محاسبات  $STT$  به کار رفته بودند شامل: ۲ درجه سانتیگراد برای خردل وحشی (Soltani *et al.*, 2013) و ۵ درجه سانتیگراد برای شلمی (Chauhan *et al.*, 2006). از نرم افزار مدل دمایی خاک ( $STM^2$ ) (Spokas and Forcella, 2009) برای پیش‌بینی دمای روزانه خاک (درجه سانتیگراد) در عمق ۳ سانتیمتری (شکل ۱) استفاده شد. بارش روزانه (شکل ۱)، حداقل و حداکثر دمای هوا از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی واقع در ۵۰۰ متری محل آزمایش به دست آمد. ویژگی‌های بافت خاک و ماده آلی (درصد) همراه با عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی و ارتفاع (یک متر) محل تحقیق، در نرم افزار برای پیش‌بینی دمای روزانه خاک (درجه سانتیگراد) نیز مورد استفاده قرار گرفت.

که در آنها  $N_1 \dots N_n$ ، تعداد گیاهچه‌های جدید شمارش شده در هر نمونه برداری،  $T_1 \dots T_n$ ، عبارت است از مقدار STT از هر شمارش تا شمارش بعدی و  $n$  تعداد مراحل شمارش است (Bilbro & Wanjura, 1982). این دو شاخص درک ساده‌ای از فرآیند سبز شدن به ما ارائه می‌دهند و ابزار مفیدی برای مقایسه فرایند رویش گیاهچه از هر یک از گونه‌ها فراهم می‌کنند. با این حال، آنها نمی‌توانند اطلاعات تفصیلی بیشتری بر روی داوم و سرعت جوانه‌زنی ارائه دهند (Dorado *et al.*, 2009). مقایسه میانگین مقادیر شاخص - های MET و ERI توسط نرم افزار SAS 9.2 و با استفاده از آزمون LSD انجام شد.

نرم افزار Sigma Plot 12.5 انجام شد. دو شاخص میانگین زمان رویش و سرعت رویش نیز برای مقایسات تکمیلی رویش محاسبه شد. میانگین زمان رویش (MET) از طریق فرمول زیر (رابطه ۴) محاسبه شد (Bilbro & Wanjura, 1982).

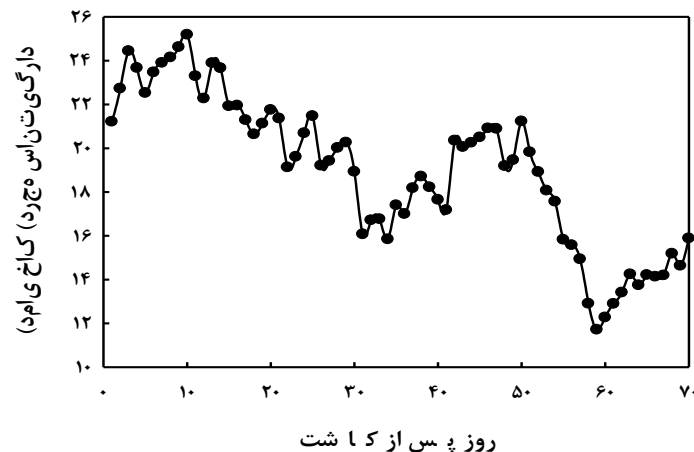
رابطه ۴

$$MET = \frac{N_1 t_1 + \dots + N_n t_n}{N_1 + \dots + N_n}$$

و شاخص سرعت رویش (ERI) نیز از فرمول زیر (رابطه ۵) به دست آمد (Bilbro & Wanjura, 1982).

رابطه ۵

$$ERI = \frac{N_1 + \dots + N_n}{MET}$$



شکل ۱- دمای روزانه خاک (درجه سانتیگراد) در عمق ۳ سانتی متری توسط نرم افزار مدل دمایی خاک (STM<sup>2</sup>) در طول مطالعه رویش علف های هرز برآورد شد.

اطلاعات هواشناسی از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی واقع در ۵۰۰ متری محل آزمایش به دست آمد.

## نتایج و بحث

الگوی رویش خردل وحشی و شلمی در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی به شرح ذیل بود.

خردل وحشی در سیستم بدون خاک‌ورزی رویش تجمعی بیشتری نسبت به سیستم خاک‌ورزی رایج داشت (جدول ۱، شکل ۲). حداکثر رویش تجمعی خردل وحشی ( $E_{max}$ ) در سیستم بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی رایج به ترتیب ۳۰۷۰ و ۱۳۱۴ گیاهچه در مترمربع بود (جدول ۱، شکل ۲). شیب منحنی یا نرخ رویش در هر درجه روز رشد ( $E_{rate}$ ) نیز بین سیستم‌های خاک‌ورزی متفاوت بود. خردل وحشی

تابع لجیستیک سه پارامتره روند کلی الگوی رویش علف‌های هرز مختلف را در برابر زمان دما ( $TT$ ) در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی و دزهای مختلف علفکش بوتیزان استار به خوبی توصیف نمود. تخمین پارامترهای تابع فوق در هر یک از تیمارهای ارائه شده نشانگر تفاوت الگوی رویش دو گونه علف هرز مورد آزمایش نسبت به یکدیگر بود (جدول ۱، شکل ۲).

سیستم‌های خاک‌ورزی

تحت سیستم بدون خاک‌ورزی نرخ رویش بالاتری در هر درجه روز رشد در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی رایج داشت (جدول ۱). حداکثر رویش تجمعی شلمی ( $E_{max}$ ) در سیستم خاک‌ورزی رایج و بدون خاک‌ورزی به ترتیب ۲۲۷۲ و ۱۰۹۴ گیاهچه در مترمربع بود (جدول ۱، شکل ۲). احتمالاً دلیل این امر آن است که از جوانه‌زنی شلمی تحت سیستم بدون خاک‌ورزی با قرار گرفتن بیشتر بذر در معرض نور و پارگی کمتر پیرابر (پریکارپ) در غیاب کنترل مکانیکی جلوگیری شد (Vercellino *et al.*, 2019). در شلمی جنین خواب فیزیولوژیکی غیرعمیق را نشان می‌دهد و جوانه‌زنی به طور مکانیکی توسط خورجین (نوعی میوه خشک شکوفا) مهار می‌شود (Manalil *et al.*, 2018; Vercellino *et al.*, 2019)، بنابراین دیواره‌های میوه باید ساییده شوند تا ریشه‌چه از طریق آن‌ها عبور کند. به طور طبیعی، بخش بزرگی از پیرابر از نظر فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی در طول تابستان تجزیه می‌شود. بنابراین، با توجه به اینکه ادوات خاک‌ورزی میوه را در شلمی شکاف می‌دهند (Vercellino *et al.*, 2019)، رویش بالاتر مشاهده شده تحت سیستم خاک‌ورزی رایج را می‌توان توضیح داد. در شلمی شیب منحنی یا نرخ رویش در هر درجه روز رشد ( $E_{rate}$ ) نیز متفاوت بود. شلمی تحت سیستم خاک‌ورزی رایج نرخ رویش بالاتری در هر درجه روز رشد نسبت به سیستم بدون خاک‌ورزی داشت (جدول ۱). شلمی بر خلاف خردل وحشی تحت سیستم خاک‌ورزی رایج  $T_{50}$  پایین‌تری نسبت به سیستم بدون خاک‌ورزی داشت (جدول ۱). با توجه به مطالب گفته شده و نتایج شاخص‌های رویش، خردل وحشی در سیستم بدون خاک‌ورزی دارای میانگین زمان رویش کمتر و شاخص سرعت رویش بالاتر در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی رایج بود (جدول ۲) و با دریافت درجه روز رشد ( $T_{50}$ ) کمتر، سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی خود دست یافت (جدول ۱ و جدول ۲) و همین روند را تا پایان روند نمونه‌برداری ادامه داد به طوری که در سیستم بدون خاک‌ورزی حداکثر رویش گیاهچه را داشت (جدول ۱، شکل ۲). در مقابل شلمی در سیستم خاک‌ورزی رایج دارای میانگین زمان رویش کمتر و شاخص سرعت رویش بالاتر نسبت به سیستم بدون خاک‌ورزی بود (جدول ۲) و با دریافت درجه روز رشد کمتر، سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی خود دست یافت (جدول ۱ و جدول ۲) و این روند را تا پایان روند نمونه‌برداری ادامه داد و در تیمار خاک‌ورزی رایج دارای حداکثر رویش تجمعی گیاهچه بود (جدول ۱،

تحت سیستم بدون خاک‌ورزی نرخ رویش بالاتری در هر درجه روز رشد در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی رایج داشت (جدول ۱). علاوه بر این زمان دمای خاک یا درجه روز رشد مورد نیاز تا رسیدن به ۵۰ درصد رویش گیاهچه ( $T_{50}$ ) بین دو سیستم خاک‌ورزی متفاوت بود. خردل وحشی تحت سیستم بدون خاک‌ورزی  $T_{50}$  پایین‌تری نسبت به سیستم خاک‌ورزی رایج داشت (جدول ۱). لذا خردل وحشی در کرت‌های بدون خاک‌ورزی نسبت به کرت‌های خاک‌ورزی رایج سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی دست یافت. عوامل متعددی ممکن است در رویش بالاتر و سریع‌تر خردل وحشی در سیستم بدون خاک‌ورزی در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی رایج نقش داشته باشند. اولاً در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی بیشتر بذور بر روی سطح خاک یا نزدیک سطح خاک قرار گرفته‌اند (Oryokot & Swanton, 1997)، جایی که شرایط محیطی مخصوصاً نور و دما برای جوانه‌زنی و رویش تجمعی مطلوب وجود دارند (Marschner *et al.*, 2024)، بنابراین قابل انتظار است گیاهچه‌های بیشتری در سیستم بدون خاک‌ورزی رویش یابند (Leon and Owen, 2006). ثانیاً خاک ورزی، بذور سطحی را در عمق‌های عمیق‌تر خاک دفن می‌کند (Benvenuti *et al.*, 2001)، بنابراین باعث کاهش رویش خردل وحشی می‌شود. بذور بیش از حد عمیق دفن شده ممکن است به واسطه محیط نامطلوب و آدار به خواب شوند (Benvenuti *et al.*, 2001). نهایتاً رویش تجمعی بالاتر تحت سیستم بدون خاک‌ورزی می‌تواند به اندازه کوچک بذرها، خردل وحشی مربوط باشد. گیاهچه‌هایی که به تازگی از بذرها، کوچکی که به طور عمیق در خاک دفن شده‌اند، جوانه می‌زنند، ممکن است قبل از اینکه آنها بتوانند از سطح خاک رویش یابند ذخایر انرژی‌شان تخلیه شود (Bolfrey-Arku *et al.*, 2011). در تأیید مطالب فوق سلطانی و همکاران (2014) دریافتند که بذرها، خردل وحشی به شدت به عمق دفن شدن حساسیت دارند و در عمق بیشتر از ۸ سانتی‌متر هرگز قادر به رویش نیستند. در این رابطه آن‌ها نشان دادند که واکنش درصد رویش خردل وحشی به عمق دفن شدن با یک رابطه نمایی توصیف می‌شود. طبق این مدل درصد رویش خردل وحشی از حدود ۶۶ درصد در عمق دفن شدن یک سانتی‌متر به صورت نمایی به صفر درصد در عمق دفن شدن ۸ سانتی‌متر کاهش یافت (Soltani *et al.*, 2013). شلمی بر خلاف خردل وحشی رویش تجمعی بیشتری در

هرز می‌باشد. این مطالعه بینش‌های جالبی را در مورد الگوی رویش دو گونه علف هرز غالب کلزا در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی که تولیدکنندگان با آن روبرو هستند ارائه کرده است. از این دانش می‌توان برای طراحی برنامه‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز استفاده کرد که کنترل سازگارتر علف‌های هرز را فراهم خواهد کرد. پیش‌بینی رویش علف‌های هرز به کشاورزان کمک خواهد کرد تصمیمات بهتری برای مدیریت زراعی و علف‌های هرز اتخاذ کنند.

شکل ۲). نتایج کلی الگوی رویش خردل وحشی و شلمی در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داد که شلمی در هر دو سیستم خاک‌ورزی دارای میانگین زمان رویش کمتر بود (جدول ۲) و با دریافت درجه روز رشد ( $T_{50}$ ) پایین‌تر، سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی گیاهچه در مقایسه با خردل وحشی در ابتدای فصل رشد دست یافت. لذا با توجه به نتایج این آزمایش شلمی نسبت به خردل وحشی دارای جوانه‌زنی زود هنگام است. این نتایج نشان می‌دهد که درجه روز رشد خاک پیش‌بینی کننده خوبی برای رویش علف‌های

جدول ۱- تخمین پارامترها و شاخص‌های برازش مدل لجیستیک سه پارامتری به رویش تجمعی خردل وحشی و شلمی در برابر زمان دمای خاک در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی کلزا

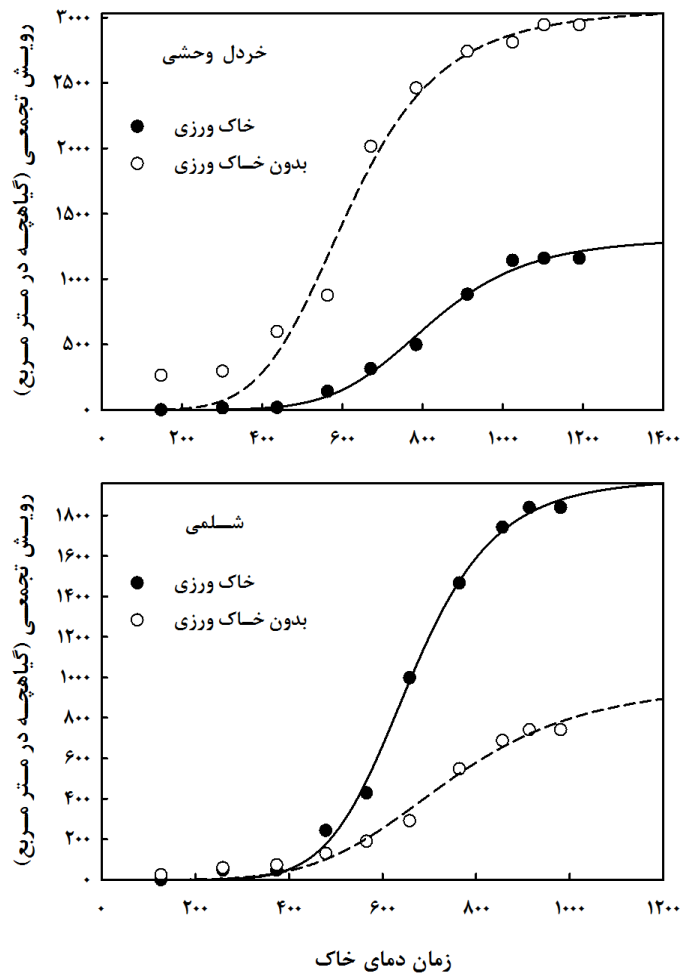
$E_{max} \pm se$ (گیاهچه در متر مربع)	$E_{rate} \pm se$	$T_{50} \pm se$ (درجه روز رشد)	$R^2_{adj}$	RMSE	سیستم‌های خاک‌ورزی	گونه‌های علف هرز
۱۳۱۴/۲۲ ± ۱۲۲/۴۶	-۳/۹۴ ± ۰/۵۱	۸۱۷/۸۲ ± ۵۷/۰۷	۰/۹۹	۲/۶۶	خاک‌ورزی	
۳۰۷۰/۰۶ ± ۵۰۰/۰۶	-۴/۲۴ ± ۰/۷۵	۷۴۲/۲۱ ± ۳۴/۳۳	۰/۹۸	۴/۳۳	بدون خاک‌ورزی	خردل وحشی
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱			P value	
۲۲۷۲/۲۶ ± ۲۲۸/۶۶	-۶/۴۷ ± ۰/۶۷	۶۱۶/۵۲ ± ۹۲/۲۷	۰/۹۹	۳/۲۰	خاک‌ورزی	شلمی
۱۰۹۴/۵۸ ± ۱۲۱/۱۳	-۲/۹۸ ± ۰/۶۴	۶۵۹/۸۷ ± ۱۴/۰۹	۰/۹۹	۲/۳۳	بدون خاک‌ورزی	
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱			P value	

Se: خطای استاندارد

جدول ۲- شاخص‌های رویش (معادلات ۴ و ۵) و میزان درجه روز رشد تجمعی مورد نیاز برای ۵۰ درصد رویش خردل وحشی و شلمی در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی کلزا

گونه‌های علف هرز	سیستم‌های خاک‌ورزی	درجه روز رشد تا رسیدن به ۵۰ درصد رویش تجمعی	شاخص سرعت رویش براساس درجه روز رشد (درصد)	میانگین زمان رویش براساس درجه روز رشد
خردل وحشی	خاک‌ورزی	۸۱۷/۸۲ a	۰/۱۲ b	۱۰۱/۰۷ a
	بدون خاک‌ورزی	۷۴۲/۲۱ b	۰/۲۹ a	۹۶/۰۱ b
شلمی	خاک‌ورزی	۶۱۶/۵۲ b	۰/۲۶ a	۷۵/۳۸ b
	بدون خاک‌ورزی	۶۵۹/۸۸ a	۰/۰۹ b	۸۲/۲۹ a

در داخل و بین هر گونه علف هرز، مقادیر میانگین زمان رویش و شاخص سرعت رویش با حروف یکسان تفاوت معنی‌داری ندارند ( $p > 0.005$ ).



شکل ۲- رویش تجمعی خردل وحشی و شلمی در برابر زمان دمای خاک (GDD دریافتی در طول فصل) در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی کلزا. تابع برازش یافته لجیستیک سه پارامتری می‌باشد.

بیشتر بود (جدول ۳). از طرف دیگر  $T_{50}$  روند متفاوتی را نشان داد جایی که  $T_{50}$  در بالاترین دز بوتیزان استار بیشتر و در غیاب علف‌کش کمتر بود (جدول ۴). روند در هر دو علف‌هرز مشابه بود. از طرف دیگر نتایج شاخص‌های رویش نشان دادند که خردل وحشی و شلمی در بالاترین دز بوتیزان استار (۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار) دارای بیشترین میانگین زمان رویش و پایین‌ترین شاخص سرعت رویش بودند (جدول ۴) و با دریافت بالاترین درجه روز رشد (داشتن بالاترین  $T_{50}$ ) (جدول ۳ و ۴) و دارا بودن پایین‌ترین نرخ رویش (جدول ۳) دیرتر به ۵۰ درصد رویش تجمعی گیاهچه رسیدند. این امر فرصت بیشتری برای گیاه زراعی به منظور بهره‌برداری از منابع موجود و استقرار بهتر فراهم کرد و توانایی آن را برای سرکوب گیاهچه‌های خردل وحشی و شلمی افزایش داد. این نتایج نشان می‌دهد که علف‌کش

### دزهای مختلف علف‌کش کوپین مراک + متازاکلر (بوتیزان استار)

الگوی رویش خردل وحشی و شلمی در دزهای مختلف علف‌کش بوتیزان استار به شرح ذیل بود. در بالاترین دز بوتیزان استار (۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار) رویش تجمعی خردل وحشی و شلمی پایین بود و رویش تجمعی این دو علف‌هرز ( $E_{max}$ ) هنگامی که هیچ علف‌کشی به کار نرفته بود بالاتر بود (جدول ۳، شکل ۳). مشاهده مشابهی برای شیب منحنی یا نرخ رویش ( $E_{rate}$ ) در هر درجه روز رشد برای هر دو علف‌هرز یافت شده بود جایی که این پارامتر در بالاترین مقدار بوتیزان استار (۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار) کمتر بود و در غیاب علف‌کش



های هرز جوانه زده شده و در اندک زمانی باعث پژمردگی و نابودی آنها می‌گردد. همچنین این سم می‌تواند موجب نابودی علف‌های هرز در مرحله کوتیلدونی گردد (Grintsenko, 2012).

نتایج کلی الگوی رویش خردل وحشی و شلمی در دزهای مختلف علف کش بوتیزان استار نشان داد که شلمی در هر سه دز علف کش بوتیزان استار با داشتن کمترین میانگین زمان رویش (جدول ۴) و دریافت پایین‌ترین درجه روز رشد ( $T_{50}$ ) (جداول ۳ و ۴) در مقایسه با خردل وحشی سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی گیاهچه دست یافت. بر این اساس شلمی نسبت به خردل وحشی دارای جوانه‌زنی زود هنگام است. بنابراین مرحله رشدی مناسب برای کنترل شلمی هنگامی است که هنوز موج اصلی گیاهچه‌های گونه غالب دیگر رویش پیدا نکرده‌اند

بوتیزان استار در دز استاندارد (۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار) به خوبی توانست خردل وحشی و شلمی را کنترل نماید. در تأیید یافته‌های فوق شیمی و همکاران (Shimi *et al.*, 2014) دریافتند که بوتیزان استار (۲/۲ لیتر در هکتار) قادر به کنترل تمام علف‌های هرز پهن برگ مزرعه بود. چنریچ و همکاران (Jennrich *et al.*, 1993) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. بوتیزان استار علف‌کشی است دومنظوره که برای کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ مزارع کلزا از جمله علف‌های هرز هم خانواده کلزا به کار می‌رود (Shimi *et al.*, 2014). بوتیزان استار دارای دو ماده موثره متازاکلر و کوپین مراک می‌باشد. متازاکلر از تقسیم سلولی جلوگیری می‌نماید (Shimi *et al.*, 2014) و کوپین مراک از اکسین‌های مصنوعی می‌باشد که در رشد گیاه اختلال ایجاد می‌کند (Tomlin, 2004). بوتیزان استار بیشتر از راه ریشه‌های در حال جوانه‌زنی علف‌های هرز جذب می‌گردد. پس از مصرف در خاک به صورت پیش‌رویشی، بوتیزان استار جذب علف-

جدول ۳- تخمین پارامترها و شاخص‌های برازش مدل لژیستیک سه پارامتری به رویش تجمعی خردل وحشی و شلمی در برابر زمان دمایی در دزهای مختلف علفکش کوپین مراک + متازاکلر (بوتیزان استار)

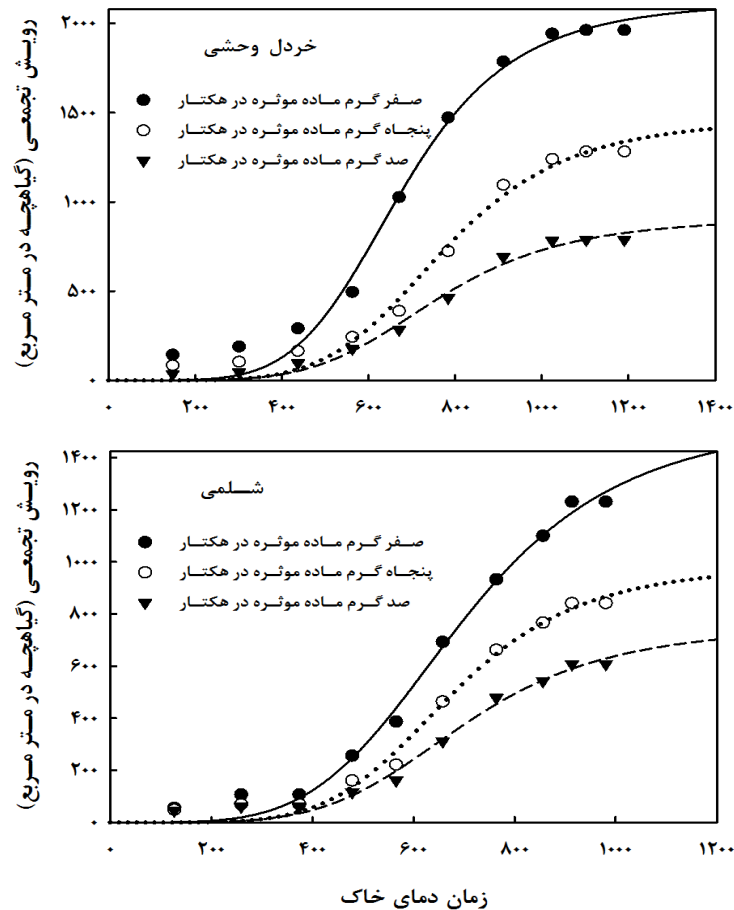
$E_{max} \pm se$ (گیاهچه در متر مربع)	$E_{rate} \pm se$	$T_{50} \pm se$ (درجه روز رشد)	$R^2_{adj}$	RMSE	دز علفکش (گرم ماده موثره در هکتار)	گونه‌های علف هرز
۲۱۲۵/۵۳±۷۱۶/۵۷	-۴/۱۹±۰/۷۹	۷۲۷/۱۶±۶۷/۲۸	۰/۹۸	۳/۵۹	۰	خردل وحشی
۱۴۶۹/۵۰±۴۶۸/۶۶	-۲/۸۶±۰/۵۲	۷۸۸/۸۲±۱۳۳/۱۳	۰/۹۹	۲/۹۲	۵۰	
۹۱۰/۹۴±۱۷۳/۹۷	-۲/۴۹±۰/۳۳	۸۵۱/۶۷±۱۴۲/۵۳	۰/۹۸	۲/۱۶	۱۰۰	
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱			P value	
۱۵۵۵/۵۳±۲۶۵/۸۴	-۴/۹۷±۰/۹۹	۶۲۰/۱۶±۴۲/۳۳	۰/۹۸	۲/۶۶	۰	شلمی
۹۹۰/۱۶±۱۶۱/۸۹	-۴/۶۰±۰/۸۹	۶۳۹/۲۶±۵۳/۲۴	۰/۹۸	۲/۱۸	۵۰	
۷۵۵/۸۵±۱۵۲/۱۰	-۴/۲۲±۰/۶۸	۶۴۰/۷۵±۶۳/۲۵	۰/۹۷	۱/۸۴	۱۰۰	
<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱	<۰/۰۰۱			P value	

Se: خطای استاندارد

جدول ۴- شاخص های رویش (معادلات ۴ و ۵) و میزان درجه روز رشد تجمعی مورد نیاز برای ۵۰ درصد رویش خردل وحشی و شلمی در دزهای مختلف علفکش کوبین مراک + متازاکلر (بوتیزان استار)

گونه‌های علف هرز	دز علفکش (گرم ماده موثره در هکتار)	درجه روز رشد تا رسیدن به ۵۰ درصد رویش تجمعی	شاخص سرعت رویش براساس درجه روز رشد (درصد)	میانگین زمان رویش براساس درجه روز رشد
خردل وحشی	۰	۷۲۷/۱۶ c	۰/۱۹ a	۹۳/۹۹ c
	۵۰	۷۸۸/۸۲ b	۰/۱۳ b	۹۷/۸۶ b
	۱۰۰	۸۵۱/۶۷ a	۰/۰۸ c	۱۰۳/۱۰ a
شلمی	۰	۶۲۰/۱۶ c	۰/۱۶ a	۷۶/۹۱ c
	۵۰	۶۳۹/۲۶ b	۰/۱۱ b	۷۷/۲۲ b
	۱۰۰	۶۴۰/۷۵ a	۰/۰۷ c	۷۸/۳۰ a

در داخل و بین هر گونه علف هرز، مقادیر میانگین زمان رویش و شاخص سرعت رویش با حروف یکسان تفاوت معنی‌داری ندارند ( $p>0.005$ ).



شکل ۳- رویش تجمعی خردل وحشی و شلمی در برابر زمان دمایی (GDD دریافتی در طول فصل) در دزهای مختلف علفکش کوبین مراک + متازاکلر (بوتیزان استار) (گرم ماده موثره در هکتار). تابع برازش یافته لجیستیک سه پارامتری می باشد.

### نتیجه‌گیری کلی

خردل وحشی در سیستم بدون خاک‌ورزی دارای میانگین زمان رویش کمتر و شاخص سرعت رویش بالاتر در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی رایج بود و با دریافت درجه روز رشد ( $T_{50}$ ) کمتر، سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی خود دست یافت. در مقابل شلمی در سیستم خاک‌ورزی رایج دارای میانگین زمان رویش کمتر و شاخص سرعت رویش بالاتر نسبت به سیستم بدون خاک‌ورزی بود و با دریافت  $T_{50}$  پایین‌تر، سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی خود رسید. همچنین خردل وحشی و شلمی در دز ۱۰۰ گرم ماده موثره در هکتار بوتیزان استار دارای بیشترین میانگین زمان رویش و پایین‌ترین شاخص سرعت رویش بودند و با دریافت  $T_{50}$  بالاتر و دارا بودن نرخ رویش پایین‌تر، دیرتر به ۵۰ درصد رویش تجمعی گیاهچه دست یافتند. در مجموع شلمی در هر دو سیستم خاک‌ورزی و هر سه دز علف کش بوتیزان استار دارای میانگین زمان رویش کمتر در مقایسه با خردل وحشی بود و با دریافت  $T_{50}$  پایین‌تر، سریع‌تر به ۵۰ درصد رویش تجمعی گیاهچه در ابتدای فصل رشد دست یافت. بر این اساس مرحله رشدی مناسب برای کنترل شلمی هنگامی است که هنوز موج اصلی گیاهچه‌های گونه غالب دیگر رویش پیدا نکرده است.

مطالعه ما اثرات خاک‌ورزی و کاربرد علف‌کش را بر روی رویش خردل وحشی و شلمی در کلزا اندازه‌گیری کرد. هر دو عامل پویایی رویش را تغییر دادند و ارزش در نظر گرفتن چندین شیوه مدیریتی به طور همزمان را نشان دادند. با این حال آنچه ممکن است به عنوان روابط سببی مستقیم بین مدیریت سیستم زراعی و رویش علف‌های هرز ظاهر شود، گاهی اوقات می‌تواند تصادفی یا با واسطه عوامل دیگر باشد. به عنوان مثال اثر خاک‌ورزی بر رویش گیاهچه ممکن است به تغییر محل قرارگیری بذر در پروفایل خاک نسبت داده شود. این تغییر موقعیت می‌تواند بر شرایط رطوبتی و دمایی اطراف بذر و همچنین مقاومت فیزیکی که گیاهچه در رسیدن به سطح خاک با آن مواجه می‌شود، تأثیر بگذارد. به طور کلی، مدل‌های رویش علف‌های هرز می‌توانند بهترین زمان‌بندی را برای هر عملیات کنترل مکانیکی یا شیمیایی علف‌های هرز شناسایی کنند و در نتیجه احتمال نیاز به عملیات بعدی را کاهش دهند.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از حمایت همه جانبه آموزشکده کشاورزی ساری در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

## منابع

- Azizi, M., Soltani, D., & Khavari, E. (1999). *Rapeseed: Physiology, Agronomy, Breeding, and Biotechnology*. Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad Publication. PP 230.
- Baskin, C.C., & Baskin, J.M. (2014). *Seeds: ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (2nd edn). San Diego, Academic Press/Elsevier.
- Benech-Arnold, R., Sañchez, R.A., Forcella, F., Kruk, B.C., & Ghersa, C.M. (2000). Environmental control of dormancy in weed seed banks in soil. *Field Crops Research*, 67, 105–122.
- Benvenuti, S., Macchia, M., & Mifflin, S. (2001). Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seed with increasing soil depth. *Weed Science*, 49, 528–535.
- Bilbro, J.D., & Wanjura, D.F. (1982). Soil crusts and cotton emergence relationships. *Transactions of American Society of Agricultural Engineers*, 25, 1485–1488.
- Bolfrey-arku, G.E.K., Chauhan, B.S., & Johnson, D.E. (2011). Seed germination ecology of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*). *Weed Science*, 59, 182–187.
- Bond, W., Davies, G., & Turner, R. (2004). The biology and non-chemical control of common chickweed (*Stellaria media* L.). *United Kingdom: Henry Doubleday Research Association*.
- Brown, R.F., & Mayer, D.G. (1988). Representing cumulative germination. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. *Annals of Botany*, 61, 127–138.
- Chauhan, B.S., Gill, G., & Preston, C. (2006). Factors affecting turnipweed (*Rapistrum rugosum*) seed germination in southern Australia. *Weed Science*, 54, 1032–1036.
- Cici, S.Z.H., & Van Acker, R.C. (2009). A review of the recruitment biology of winter annual weeds in Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 89, 575–589.
- Clayton, G.W., Harker, K.N., O'donovan, J.T., Baig, M.N., & Kidnie, M.J. (2002). Glyphosat timing and tillage system effects on glyphosate-tolerant canola (*Brassica napus*). *Weed Technology*, 16, 124–130.
- Dorado, J., Sousa, E., Calha, I.M., Gonzalez-Avdujar, J.L., Fernandez L.A., & Quintanilla, I.L. (2009). Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. *Weed Research*, 49, 251–260.
- Eizenberg, H., Colquhoun, J.B., & Mallory-Smith, C.A. (2005). A predictive degree-d model for small broomrape (*Orobancha minor*) parasitism in red clover in Oregon. *Weed Science*, 53, 37–40.
- Forouzandeh, S.A., Elahifard, E., Heidarpour, N., & Siyahpoush, A.A.R. (2017). Effect of tillage systems and herbicide application in weed control of canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 11, 163–177.
- Gritsenko, M.M. (2012). An effective herbicide in rape crops. *Agriculture and Plant Protection: scientific practical journal*. (agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordid=by2012001022).
- Gummerson, R.J. (1986). The effect of constant temperatures and osmotic potential on the germination of sugar beet. *Journal of Experimental Botany*, 41, 1431–1439.
- Harker K.N., O'Donovan J.T., Smith E.G., Johnson E.N., Peng G., Willenborg C.J., & Grenkow L.A. (2014). Seed size and seeding rate effects on canola emergence, development, yield and seed weight. *Canadian Journal of Plant Science*, 95, 1–8.
- Hasty, R.F., Sprague, C.L., & Hager, A.G. (2004). Weed control with fall and early-preplant herbicide applications in no-till soybean. *Weed Technology*, 18, 887–892.
- Izquierdo, J., Gonzalez-Andujar, J.L., Bastida, F., Lezaun, J.A., & Del Arco, M.J.S. (2009). A thermal time model to predict corn poppy (*Papaver rhoeas*) emergence in cereal field. *Weed Science*, 57, 660–664.
- Jennrich, H., Nuyken, W., & Jung, B. (1993). BAS526H, a new combination for flexible weed control in oilseed rape. *Mededelingen Van de Fulteit Universiteit Gent*, 58, 853–861.
- Kegode, G.O., Pearce, R.B., & Bailey, T.B. (1998). Influence of fluctuating temperatures on emergence of shattercane (*Sorghum bicolor*) and giant foxtail (*Setaria faberi*). *Weed Science*, 46, 330–335.
- Lee, A.T., & Witt, W.W. (2001). Persistence and efficacy of fall-applied simazine and atrazine. *Proceedings of North Central Weed Science Society*, 56, 50.
- Leon, R.G., & Owen, M.D.K. (2006). Tillage systems and seed dormancy effects on common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) seedling emergence. *Weed Science*, 54, 1037–1044.
- Manalil, S., Ali, H.H., & Chauhan, B.S. (2018). Germination ecology of turnip weed (*Rapistrum rugosum* (L.) All.) in the northern regions of Australia. *PLoS One*, 13, e0201023.
- Marschner, C.A., Colucci, I., Stup, R.S., Westbrook, A.S., Brunharo, C.A.C.G., DiTommaso, A., & Mesgaran, M.B. (2024). Modeling weed seedling emergence for time-specific weed management: a systematic review. *Weed Sci*, 72, 1–17.
- Mirshekari B. (2010). Study effects of different times of weeds control on morphological traits, yield and harvest index of three winter rapeseed cultivars. *Journal of Crop Production*, 4, 51–66.
- Oryokot, J.O., & Swanton, C.J. (1997). Effect of tillage and corn on pigweed (*Amaranthus* spp.) seedling emergence and density. *Weed Science*, 45, 120–126.
- Pacanoski, Z. (2014). Application time and herbicide rate effects on weeds in oilseed rape (*Brassica napus* var. oleifera). *Herbologia*, 14, 20–24.

- Radosevish, S., Holt, J., & Ghersa, C. (2007). *Ecology of Weeds and Invasive Plants: Relationship to Agriculture and Natural Resource Management*. Wiley, New York.
- Shimi, P., Darvish, N., & Mighani, F. (2014). Investigating the efficiency of new Butisan Star herbicide in controlling weeds and yield of canola. *Journal of Crop Production Research*, 6, 31-38.
- Soltani, E., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi-Far, F., & Zeinali, E. (2013). Seed germination modeling of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) as affected by temperature and water potential: hydrothermal time model. *Journal of Plant Production*, 20, 19-33.
- Soltani, E., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi-Far, F., & Zeinali, E. (2014). Quantification of seedling emergence of volunteer canola and wild mustard under various burial depths. *Iranian Journal of Seed Research*, 1, 1-10.
- Spokas, K., & Forcella, F. (2009). Software tools for weed seed germination modeling. *Weed Science*, 57, 216-227.
- Tomlin, C.D.S. (2004). *The Pesticide Manual*. British Crop Protection Council. pp. 1344.
- Vercellino, R.B., Pandolfo, C.E., Cerrota, A., Cantamutto, M., & Presotto, A. (2019). The roles of light and pericarp on seed dormancy and germination in feral *Raphanus sativus* (Brassicaceae). *Weed Research*, 59, 396-406.
- Zand, E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., Shimi, P., & Mousavi, S.K. (2019). *A guide for herbicides in Iran*. University Press Center, 216 pp.
- Zhang, C.J., Yook, M.J., Park, H.R., Lim, S.H., Kim, J.W., Nah, G., Song, H.R., Jo, B.H., Roh, K.H., & Park, S. (2018). Assessment of potential environmental risks of transgene flow in smallholder farming systems in Asia: Brassica napus as a case study in Korea. *Science of The Total Environment*, 53, 688-695.

## Predicting the emergence of weeds of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and turnip weed (*Rapistrum rugosum* (L.) All.) in canola (*Brassica napus* L.)

Rahman Khakzad<sup>\*2</sup>, Behrooz Khalil Tahmasbi<sup>2</sup>

1. Lecturer, Department of Agronomy, Agriculture college of Sari, Technical Vocational University, Tehran, Iran
2. Assistant Professor, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Jiroft, Iran

Received: 10-05-2024

Accepted: 08-06-2024

### Abstract

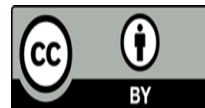
The timing of weed emergence is among the most important variables determining how species respond to management measures. In order to predict the emergence pattern of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and turnipweed (*Rapistrum rugosum* (L.) All.) under different management operation, a split plot experiment was conducted in a completely randomized block design with three replications in Sari Agricultural College in 2022. Two tillage systems (Conventional tillage and no-till) and three doses of Butisan Star (quinomerac + metazachlor) (0, 50, and 100 g ai ha<sup>-1</sup>) were considered as experimental factors. The three-parameter logistic function described well the general trend of the emergence pattern of wild mustard and turnip weed against soil thermal time (STT). The results showed that wild mustard in the no-till (NT) system had a shorter mean emergence time (MET) (96.01) and a higher emergence rate index (ERI) (0.29) compared to the conventional tillage (CT) system, and by receiving a lower growing degree days ( $T_{50}$ ) (742.21), it reached 50% of its cumulative emergence faster. On the other hand, turnipweed in CT had a lower MET (75.38) and a higher ERI (0.26) than NT, and by receiving a lower  $T_{50}$  (616.52), it reached 50% of its cumulative emergence faster. Also, wild mustard and turnip weed at the dose of 100 g ai ha<sup>-1</sup> of Butisan Star had the highest MET (103.10 and 78.30 respectively) and the lowest ERI (0.08 and 0.07 respectively), and by receiving higher  $T_{50}$  (851.67 and 640.75 respectively), they achieved 50% cumulative emergence of seedlings later. In total, turnip weed in both tillage systems and all three doses of Botisan Star herbicide had a lower MET compared to wild mustard and by receiving lower  $T_{50}$ , it achieved 50% cumulative seedling emergence faster at the beginning of the growing season. On this basis, growth stage suitable for controlling turnip weed, when the main wave of seedlings of other species still has not found emergence. The results of this research provide robust information on predicting the emergence time of wild mustard and turnip weed, which can help growers make better management decisions.

**Keywords:** Cumulative emergence, emergence pattern, herbicide dose, no-till, tillage

**Citation:** Khakzad, R., & Tahmasbi, B. T. (2024). Predicting the emergence of weeds of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and turnip weed (*Rapistrum rugosum* (L.) All.) in canola (*Brassica napus* L.). *Plant Production and Genetics*, 5(1), 115-128. <https://doi.org/10.22034/PLANT.2024.141273.1104>

#### Copyrights:

Copyrights rights for this article is retained by the author (s), with publication rights granted to Plant Production and Genetics. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



\*Corresponding Author Email: [rahman.khakzad@uma.ac.ir](mailto:rahman.khakzad@uma.ac.ir)