نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال سیزدهم / شماره چهارم / زمستان ۱۴۰۲/مقاله علمی-پژوهشی: صفحات ۱۷ تا ۳۲

تعیین دمای کاردینال و مراحل فنولوژی دو گونه توق خاردار (*Xanthium spinosum*) و توق معمولی (*X. strumarium*) براساس درجه روز- رشد

امیر احمدی وشوایی[۱]، فائزه زعفریان[۲*]، محمد رضوانی[۳] و ایراندخت منصوری[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۵)

چکیده

دو گونه توق خاردار (*Xanthium spinosum*) و توق معمولی (*X. strumarium*) به‌عنوان علف‌های هرز یک‌ساله در مزارع سویا و دیگر محصولات تابستانه محسوب می‌شوند. پژوهش حاضر با هدف تعیین دمای کاردینال جوانه‌زنی و تعیین مراحل فنولوژی این دو گونه در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. به‌منظور تعیین دمای کاردینال جوانه‌زنی بذور دو گونه توق، بذور در دماهای ثابت ۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار در آزمایشی آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفتند. همچنین مراحل فنولوژی دو گونه توق طی آزمایشی مزرعه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی برای توق خاردار (۵۱/۳ درصد) و توق معمولی (۵۸/۱ درصد) به‌ترتیب در دماهای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. با توجه به پارامترهای مختلف مدل دو تکه‌ای دمای پایه، مطلوب و سقف به‌ترتیب ۱/۴۴، ۲۳/۲ و ۵۴/۷ درجه سانتی‌گراد برای توق خاردار و ۴/۸۰، ۳۴/۶ و ۴۸/۴ درجه سانتی‌گراد برای توق معمولی برآورد شد. از زمان سبز شدن تا پایان بذردهی، مراحل فنولوژی از جمله سبزشدن، ساقه‌دهی، گلدهی، میوه‌دهی، رسیدگی کامل ثبت شدند. طول مرحله رشدی گونه‌های توق خاردار و توق معمولی به‌ترتیب ۱۳۶ و ۱۲۸ روز به طول انجامید. نتایج به‌دست آمده نشان داد که جوانه‌زنی بذر دو گونه توق در دامنه وسیعی انجام می‌شود و بین دمای ۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد جوانه می‌زنند و بهترین زمان کنترل این علف هرز، اواخر فصل تابستان (قبل از شروع مرحله گلدهی) است.

واژه‌های کلیدی: علف هرز، مراحل رشدی، رسیدگی بذر، جوانه‌زنی

۱، ۲ و ۴. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد علوم علف‌های هرز، دانشیار و استادیار، گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

۳. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران.

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: fa_zaefarian@yahoo.com

مقدمه

علف‌های هرز به‌عنوان مهم‌ترین تنش زیستی، با کاهش کارآیی مصرف آب، هدر رفت عناصر غذایی، سایه‌افکنی و ترشح مواد سمی، منجر به کاهش ۱۰ تا ۱۰۰ درصدی عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند (۳۴). توق با نام علمی .*Xanthium* spp متعلق به خانواده Asteraceae است که در بسیاری از کشت‌های تابستانه به‌عنوان علف هرز مطرح است. این علف هرز قابلیت بالایی در سازش و پراکنش دارد و قدرت تهاجم بالایی دارد (۱۱). این گیاه برای مدت طولانی به‌عنوان یکی از بدترین علف‌های هرز سویا موردتوجه بوده است (۳۴). در ایران نیز علف هرز توق می‌تواند تلفات سنگینی بر عملکرد محصولات زراعی تابستانه چون ذرت (*Zea mays*)، سویا (*Glycine max*)، پنبه (*Gossypium herbaceum*) و کنجد (*Sesamum indicum*) ایجاد نماید به‌طوری‌که کاهش عملکرد تا حدود ۸۷ درصد در سویا گزارش‌شده است (۹ و ۳۶).

جوانه‌زنی بذر، از مهم‌ترین فرآیندها برای موفقیت علف‌های هرز در بوم نظام‌های زراعی محسوب می‌شود؛ چرا که اولین مرحله برای رقابت یک علف هرز در یک آشیان اکولوژیک است (۱۴ و ۱۵). مطالعه زیست‌شناسی و الگوی جوانه‌زنی و سبز شدن علف‌های هرز رایج در گیاهان زراعی برای شناخت و مدیریت علف‌های هرز مؤثر است (۲۹). دمای خاک مهم‌ترین عامل زیست‌محیطی در کنترل جوانه‌زنی بذر است. دما و نور یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی هستند که زمان جوانه‌زنی را تنظیم می‌کنند و بر درصد جوانه‌زنی نیز مؤثرند (۱۱). جوانه‌زنی بذور در دامنه حرارتی مختلف، متفاوت است. درجه حرارت بهینه برای جوانه‌زنی گونه‌ها در دامنه محدودی قرار دارد. به‌گونه‌ای که بذور گیاهان زمستانه برای جوانه‌زنی نیازمند دماهای پایین و بذور گیاهان تابستانه نیازمند دماهای بالا می‌باشند و تا زمانی که دمای موردنظر تأمین نشود، جوانه‌زنی اتفاق نخواهد افتاد (۲۱). نیاز دمایی بذور مختلف با یکدیگر متفاوت است و بذر هرگونه نیاز به حداقل دما برای جوانه‌زنی دارد و با بالا رفتن دما جوانه‌زنی افزایش می‌یابد؛ درنتیجه با افزایش دما تا نقطه‌ای، جوانه‌زنی ادامه می‌یابد که آن را بیشینه دمای جوانه‌زنی گویند. دمایی که در آن حداکثر میزان جوانه‌زنی اتفاق می‌افتد را دمای بهینه و درمجموع به دمای کمینه، بیشینه و بهینه، دماهای اصلی یا کاردینال می‌گویند (۲۸). تعیین دمای کاردینال می‌تواند در امکان ارزیابی محدودیت‌های جغرافیایی گونه‌ها و زمان کاشت آن‌ها و پیش‌بینی مراحل رشد گیاهان زراعی مهم باشد (۲۲). انصاری و همکاران (۲) با استفاده از مدل دوتکه‌ای، دندان مانند و بتا، دمای اصلی برای بذر علف هرز پنیرک (*Malva sylvestris* L.) را برآورد کردند و بیان داشتند که دمای پایه، مطلوب تحتانی، فوقانی و سقف برای علف هرز پنیرک به‌ترتیب ۱/۳۳، ۲۳/۱۶، ۳۳/۵۸ و ۴۲ درجه سانتی‌گراد برآورد شدند. اثر دماهای ثابت بر جوانه‌زنی دو جمعیت توق نشان داد که در دماهای ۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی مشاهده نشد و بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (۱۱). همچنین رستمی و همکاران (۲۵) دمای بهینه را برای علف هرز توق (*X. strumaium*) ۲۵ درجه سانتی‌گراد برآورد کردند. نتایج مطالعه دیگری نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر *X. strumarium* در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مقدار ۸۳ درصد مشاهده شد (۲۷).

فنولوژی شاخه‌ای از علوم 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 کنترل کننده زندگی گیاه است (۱). فنولوژی علف هرز با تعامل بین عوامل داخلی گیاه با سیگنال‌های زیست‌محیطی خارجی مانند دما، طول روز و خشکی تعیین می‌شود؛ مراحل فنولوژیکی و ویژگی‌های آن‌ها، برای طراحی و اجرای روش‌های مدیریت علف‌های هرز بسیار مهم هستند (۷). اهمیت بررسی فنولوژی علف‌های هرز بدین علّت است که با شناخت چرخه‌ی زندگی علف‌های هرز می‌توان از عوامل منفی مؤثر بر آن‌ها آگاه شد و با ارائه تقویم زمانی برای نمو، مدیریت کارآمدتری ارائه داد (۳۱ و ۳۷)؛ لذا، این مسئله در پیش‌بینی آلودگی مزرعه به علف‌های

هرز، مفید خواهد بود و با شناخت پدیده‌های رویش علف‌های هرز می‌توان از برنامه‌ریزی‌های کنترلی مانند برنامه‌های کاربردی علف‌کش یا راهبردهای غیر شیمیایی استفاده کرد (۵).

در سال‌های اخیر، در صورت عدم توجه دقیق به زیست‌شناسی و بوم‌شناسی علف‌های هرز، باوجود کاربرد فناوری‌های نوین، مشکلات علف‌های هرز تشدید و کنترل آن‌ها دشوارتر می‌شود. با توجه به خسارت فراوان علف هرز توق در کشور و قدرت تهاجم این علف هرز، تعیین زمان مطلوب عملیات کنترل علف هرز، توسعه کارآیی استراتژی کنترل، عدم استفاده از علف‌کش از طریق مدیریت تلفیقی علف‌های هرز بسیار حائز اهمیت است. ازآنجاکه زمان جوانه‌زنی عامل مهمی در تعیین برنامه‌های مدیریتی علف‌های هرز محسوب می‌شود، دانستن زمان جوانه‌زنی و زمان هجوم علف‌های هرز در مزارع بسیار مفید خواهد بود. ازاین‌رو، این مطالعه با هدف تعیین دمای کاردینال و ارزیابی مراحل فنولوژی بر اساس درجه روز- رشد دو توق خاردار (*Xanthium spinosum* L.) و توق معمولی (*Xanthium strumarium* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، میوه‌های دو گونه علف هرز توق خاردار (*Xanthium spinosum*) و توق معمولی (*X. strumarium*) در دی‌ماه سال ۱۳۹۵ از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری جمع‌آوری شدند. بذور (از این پس در تمام مقاله بجای میوه از واژه بذر استفاده می‌شود) تا شروع آزمایش (۴ ماه بعد از جمع‌آوری بذر) در داخل پاکت‌های کاغذی در دمای اتاق (۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد) در آزمایشگاه نگهداری شدند.

تأثیر دما بر درصد جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال

به‌منظور تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی (کمینه، بهینه و بیشینه) دو گونه توق، آزمایشی در قالب طرح کامل تصادفی با ۴ تکرار در آزمایشگاه علف‌های هرز دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. تیمارهای آزمایشی نه سطح دمای ثابت ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد بودند. بذور هر دو گونه توق با محلول یک درصد هیپوکلریت سدیم (NaOCl) به مدت ۶۰ ثانیه ضدعفونی شدند و سپس بذرها ۶ بار با آب مقطر شستشو داده شد (۱۴). در هر تکرار ۲۵ بذر در پتری‌دیش‌هایی با قطر ۸ سانتی‌متر حاوی دو لایه کاغذ صافی واتمن قرار گرفتند و با آب مقطر مرطوب شدند. سپس پتری‌دیش‌ها با پارافیلم ایزوله شده تا تبادل رطوبتی در آن صورت نگیرد و در ژرمیناتور (مدل X630- ساخت ایران) با تناوب نوری ۱۲ ساعت روشنایی/ ۱۲ ساعت تاریکی با رطوبت ۴۵ درصد قرار داده شدند. شمارش جوانه‌زنی تا ۲۱ روز پس از شروع آزمایش انجام شد. معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به طول ۲ میلی‌متر در نظر گرفته شد (۱۷).

پس از اتمام آزمایش، درصد و سرعت جوانه‌زنی در هر دما محاسبه شد و اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی با استفاده از معادله ماگوئر (معادله ۱) انجام شد (۱۸).

$$GR = \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{D_i} \qquad (۱)$$

در این معادله، GR سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر جوانه زده در هر روز)، S_i تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر شمارش و D_i تعداد روز تا شمارش nام هستند.

تعیین دماهای کاردینال با استفاده از مدل‌های رگرسیونی بین سرعت جوانه‌زنی و دماهای مختلف صورت گرفت. مدل‌های رگرسیون غیرخطی مورد بررسی شامل تابع دندان مانند (Dent-like) (معادله ۲)، دوتکه‌ای (Segmented) (معادله ۳) و بتا-۴ پارامتره (Beta 4-parameters) (معادله ۴) بود (۲۹).

(۲)

$$\begin{aligned} f(T) &= (T - T_b)/(T_{o1} - T_b) \quad if \quad T_b < T \le T_{o1} \\ f(T) &= (T_c - T)/(T_c - T_{o2}) \quad if \quad T_{o2} < T \le T_c \\ f(T) &= 1 \quad if \quad T_{o1} < T \le T_{o2} \\ f(T) &= 0 \quad if \quad T \le T_b or\ T \ge T_c \end{aligned}$$

(۳)

$$\begin{aligned} f(T) &= (T - T_b)/(T_o - T_b) \quad if \quad T_b < T \le T \\ f(T) &= 1 - (T - T_o)/(T_c - T_o) \quad if \quad T_o < T \le T_c \\ f(T) &= 0 \quad if \quad T \le T_b or\ T \ge T_c \end{aligned}$$

(۴)

$$f(T)= (((T_c-T)/(T_c-T_o))*((T-T_b)/(T_o-T_b)))^{(To-Tb)/(Tc-To)}$$

که در این معادله‌ها، T_b دمای پایه، To_1 دمای مطلوب تحتانی، To_2 دمای مطلوب فوقانی، T_c دمای سقف، f(T) تابع دمایی سرعت جوانه‌زنی و $f_{(o)}$ تعداد روز بیولوژیک لازم برای جوانه‌زنی هستند. ارزیابی برازش مدل‌ها با کمک شاخص جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) (معادله ۵) و ضریب تبیین تصحیح شده (R^2) (معادله ۶) صورت گرفت (۲۹).

$$RMSE=\sqrt{\left(\frac{1}{n}\right)\sum\left(Y_{obs}-Y_{pred}\right)^2} \quad (۵)$$

$$R^2=1-\frac{\sum\left(Y_{obs-}Y_{pred}\right)^2}{\sum\left(Y_{obs-}Y'_{obs}\right)^2} \quad (۶)$$

که Y_{obs} و Y_{pred} به‌ترتیب مقدارهای مشاهده شده و پیش‌بینی شده و n تعداد نقاط هستند. RMSE کوچکتر و R^2 نزدیکتر به یک نشانگر برازش بهتر مدل‌ها بود.

بررسی فنولوژی دو گونه توق بر اساس درجه روز- رشد

به‌منظور تعیین مراحل مختلف فنولوژی دو گونه علف هرز توق آزمایش مزرعه‌ای در فصل زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران با ارتفاع ۱۵ متر بالاتر از سطح دریا اجرا شد. آب و هوای منطقه از نظر اقلیمی جزء مناطق معتدل و مرطوب است. اطلاعات دمای شبانه‌روز منطقه از خرداد ماه تا آبان ماه ۱۳۹۶ (از زمان سبز شدن تا رسیدگی) از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ساری گرفته شد (جدول ۱). قبل از آزمایش، نمونه‌ای از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد، که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج آزمون خاک، بافت خاک منطقه آزمایش لومی رسی بود.

برای هر گونه علف هرز توق جهت تعیین صفات مورفولوژیکی به‌طورکلی ۱۸ کرت با ابعاد یک مترمربع در نظر گرفته شد (۱۲ و ۲۴). علاوه بر این، ۶ کرت دیگر نیز جهت تعیین مراحل فنولوژی در نظر گرفته شد (در مجموع ۲۴ کرت برای هر گونه علف هرز توق استفاده شد). پس از تسطیح زمین، بذرهای هر گونه در ۲۰ خرداد سال ۱۳۹۶ در هر کرت به‌صورت تصادفی کاشته شدند (تاریخ کاشت بر اساس تاریخ ظهور این دو گونه در منطقه انتخاب شد). ۵۰ بذر از هر گونه در هر کرت به‌صورت تصادفی کشت شدند. کشت بذرها در عمق یک سانتی‌متری انجام شد. کرت‌ها بلافاصله پس از کشت، آبیاری شدند و آبیاری تا آخرین مراحل ثبت رشد و در صورت نیاز ادامه داشت.

از آنجا که همه گیاهان کاشته شده در یک زمان وارد فاز جدیدی از رشد نمی‌شوند، دوره نموی گیاه در طول دوره‌ی رشد، به‌صورت منظم و هفتگی بازدید شدند (همه بذرهای کشت شده در همه کرت‌ها سبز شدند). تمام بوته‌های موجود در هر کرت، معیار سنجش بودند و طی ثبت مراحل فنولوژی دو گونه توق، به محض ورود به مرحله فنولوژی مورد نظر، زمان و درجه روز- رشد ثبت شد. این دوره‌ها شامل سبز شدن (ظهور اندام هوایی)، ساقه‌دهی، گلدهی، میوه‌دهی و رسیدگی بود (۱). بررسی و مشاهدات از ۶ کرتی که به‌منظور بررسی فنولوژی در نظر گرفته شد، انجام شد. طی ثبت پنج مرحله فنولوژی دو گونه توق، به محض ورود اولین و آخرین گیاه به مرحله رشدی مورد نظر، زمان و درجه روز- رشد ثبت شد تا طول دوره بر اساس درجه روز- رشد تعیین شود. برای تعیین مراحل فنولوژی این دو گونه و ثبت درجه روز- رشد سه مرحله در نظر گرفته شد: ۱- ورود به مرحله مورد نظر زمانی بود که ۲۵ درصد گیاهان مورد بررسی وارد آن مرحله شده بودند. ۲- خود مرحله زمانی محسوب می‌شد که ۵۰ درصد گیاهان وارد آن مرحله شده بودند. ۳- پایان مرحله زمانی بود که ۷۵ درصد گیاهان مورد بررسی این دوره را پشت سر گذاشته بودند (۱). ثبت مشاهدات از زمان سبز شدن گیاه تا پایان رشد گیاه (آذر ماه ۱۳۹۶) ادامه داشت. با استفاده از اطّلاعات هواشناسی و همچنین تاریخ ثبت مراحل رشدی، بر اساس معادله استاندارد زیر، درجه روز- رشد (GDD) برای آغاز هر مرحله فنولوژیکی بر اساس معادله (۷) محاسبه شد.

جدول ۱. میانگین دما، بارندگی و رطوبت نسبی در طول آزمایش فنولوژی در سال ۱۳۹۶

اطلاعات	ماه‌های سال ۱۳۹۶					
	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان
میانگین دمای حداقل (°C)	۱۹	۲۱/۷	۲۳/۳	۲۲/۱	۱۴/۹	۱۲/۲
میانگین دمای حداکثر (°C)	۲۹/۶	۳۲/۴	۳۴/۶	۳۳/۹	۲۴/۶	۲۲/۹
مجموع بارندگی (mm)	۰/۱	۳/۳	۲/۱	۴/۶	۱۰۵/۵	۷۹/۲
متوسط رطوبت نسبی (%)	۷۲	۷۱	۶۹	۷۰	۷۴/۵	۷۷

جدول ۲. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

کربن آلی (%)	مواد آلی ($mg\ kg^{-1}$)	عناصر غذایی خاک			اسیدیته	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	بافت خاک
		نیتروژن (%)	فسفر ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم ($mg\ kg^{-1}$)			
۰/۸	۹/۳	۰/۱۸	۶۲	۸۴	۷/۴۶	۰/۶۴	لومی رسی

$$GDD = \frac{\sum_{i=1}^{n}(T_{max}+T_{min})}{2} - T_b \quad (۷)$$

در این معادله T_{max} حداکثر دمای روزانه و T_{min} حداقل دمای روزانه و T_b دمای پایه جوانه‌زنی و رشد هستند. دمای پایه برای هر دو گونه بر اساس نتایج آزمایش تعیین دمای کاردینال در نظر گرفته می‌شود. چنانچه درجه حرارت حداقل کمتر از درجه حرارت پایه بود، هیچ تجمع واحد حرارتی منظور نشد. به عبارتی دیگر، درجه روز- رشد برابر صفر در نظر گرفته شد. برای محاسبه درجه روز- رشد از برنامه GDD cal استفاده شد (۲۹).

جهت تعیین صفات رشدی گیاه شش مرحله نمونه‌برداری انجام شد که اولین نمونه‌برداری یک ماه بعد از کاشت (تیر ماه) و نمونه‌برداری‌های بعدی نیز به‌صورت ماهانه انجام شد و تا آذر ادامه داشت. با درنظر گرفتن اثر حاشیه‌ای، در هر مرحله از ۱۵ بوته در هر کرت نمونه‌برداری انجام شد، همچنین در هر مرحله، از ۳ کرت نمونه‌برداری انجام شد و صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها و وزن خشک گیاه اندازه‌گیری شدند (۳۵). در مرحله انتهایی رشد هنگام جمع‌آوری بوته‌ها، ابتدا بذرهای (بذر) موجود در بوته‌ها شمارش و از گیاه جدا و همچنین وزن صد دانه برای هر دو گونه محاسبه شد. اولین نمونه‌برداری یک ماه بعد از کاشت (تیر ماه) و نمونه‌برداری‌های بعدی نیز به‌صورت ماهانه انجام شد و تا آذر ادامه داشت.

برای توصیف روند تغییرات ارتفاع و وزن خشک از مدل سه پارامتره سیگموئیدی استفاده شد (معادله ۶):

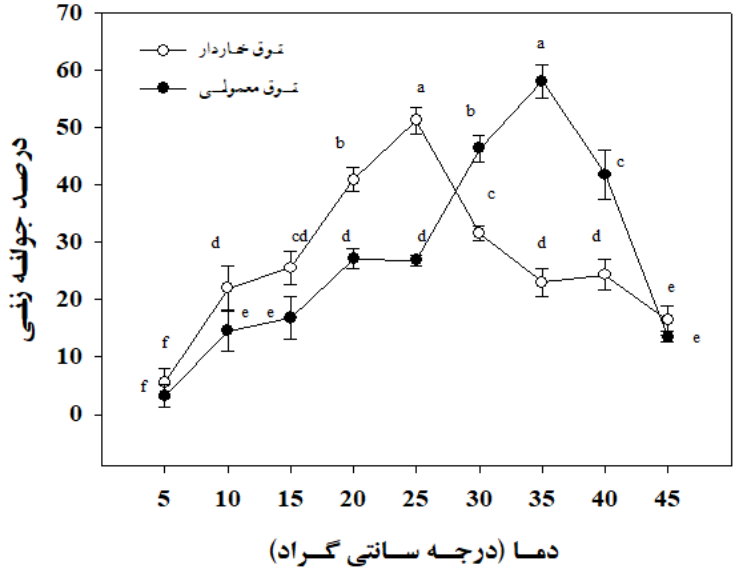
$$y = \frac{A_{max}}{1+\left(\frac{x}{X_{50}}\right)^b} \quad (۸)$$

که در آن A_{max} حداکثر مقدار صفت مورد بررسی (ارتفاع و وزن خشک)، b نشان‌دهنده شیب منحنی و X_{50} زمان تا ۵۰ درصد حداکثر تغییرات (GDD) می‌باشند.

برای توصیف روند تغییرات تعداد برگ از مدل رگرسیون درجه دو استفاده شد (معادله ۷):

$$y = ax^2 + bx + c \quad (۹)$$

که در آن x درجه روز- رشد و y مقدار صفت مربوطه می‌باشد (تعداد برگ)، c عرض از مبدا و a و b ضرایب معادله هستند. برای برازش بین درجه روز- رشد و مراحل مختلف رشدی و تعیین مدل‌های مربوطه با استفاده از روابط رگرسیونی، از نرم‌افزار Sigmaplot (Ver, 12.5) استفاده شد.



شکل ۱. اثر دما بر درصد جوانه‌زنی دو گونه توق گونه معمولی (دایره سیاه توپر) و توق خاردار (دایره سیاه توخالی)، بارهای عمودی نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشد.

نتایج و بحث

اثر دما بر درصد جوانه‌زنی

نتایج اثر دماهای ثابت بر درصد جوانه‌زنی دو گونه توق در شکل ۱ نشان داده شده است. در هر دو گونه توق کمترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در گونه توق خاردار با افزایش دما از ۱۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد درصد جوانه‌زنی افزایش یافت. به‌طوری‌که بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و به مقدار ۵۱/۳ درصد مشاهده شد. از سوی دیگر با افزایش دما از ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد، جوانه‌زنی کاهش یافت و از ۵۱/۳ درصد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ۱۶/۴ درصد در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد رسید. در گونه توق معمولی بهترین دما با ۵۸/۱ درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و جوانه‌زنی در دمای بیشتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به ۱۳/۵ درصد رسید. کمترین درصد جوانه‌زنی مربوط به دماهای ۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد بود (شکل ۱).

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش حاکی از وجود دامنه وسیعی از درجه حرارتی است که بذور در این دامنه قابل رویش هستند و این نکته در سازگاری آن‌ها در مناطق اقلیمی مختلف تاثیر به‌سزایی دارد. از نتایج فوق استنباط می‌شود که این دو گونه می‌توانند در مناطق گرم و خشک کشور در دامنه وسیعی از دماهای مختلف جوانه زده و استقرار پیدا نمایند و از رقبای جدی گیاهان زراعی این مناطق است. با توجه به نتایج حاصله گونه توق معمولی در دماهای بالاتر، درصد جوانه‌زنی بیشتری نسبت به توق خاردار داشت. شناخت این رفتارهای متفاوت در گونه‌های مختلف این علف هرز بسیار مهم بوده و نقش مهمی را در شناخت الگوهای سازگاری این گونه علف هرز به شرایط محیطی و همچنین انتخاب استراتژی‌های مدیریتی مناسب ایفاء می‌کند. در آزمایشی این نتیجه حاصل شد که در دمای ثابت ۱۵ درجه سانتی‌گراد حداکثر جوانه‌زنی توق معمولی رخ می‌دهد (۲۳). گوهریان و همکاران (۱۱) بیان داشتند که حداکثر جوانه‌زنی بذور توق معمولی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی رخ نداد. همچنین در تحقیقی که به‌منظور بررسی اثر دمای ثابت بر درصد جوانه‌زنی *X. stramarinum* انجام شد؛

مشخص شد که جوانه‌زنی در دامنه دمایی ۱۰ تا ۴۵ درجه سانتی گراد رخ داد و بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (۲۶). در بررسی تاثیر عوامل محیطی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه علف عشق (*Eragrostis plana*) نشان داده شد که بذر این علف هرز در دمای‌های ثابت ۱۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد، جوانه زده و فرآیند جوانه‌زنی را در کمتر از ۵ روز در دمای متناوب ۳۰/۲۰ درجه سانتی‌گراد (روشنایی/تاریکی) کامل کردند (۳). نتایج تحقیقی نشان داد که دمای کمینه و بهینه برای جوانه‌زنی گاوپنبه (*Abutilon theophrasti*) به‌ترتیب نزدیک ۸ و ۴۴ درجه سانتی‌گراد است، همچنین آن‌ها حداقل جوانه‌زنی برای تاج‌خروس (*Amaranthus tuberculatus*) و دم‌روباهی (*Setaria faberi*) را به‌ترتیب ۱۰ و ۱۴ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند (۱۶). دمای بهینه جوانه‌زنی گیاه یوپاتریوم (*Eupatorium adenophorum*) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و با افزایش دما بیش از ۳۵ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی این علف‌هرز محدود شد (۱۹).

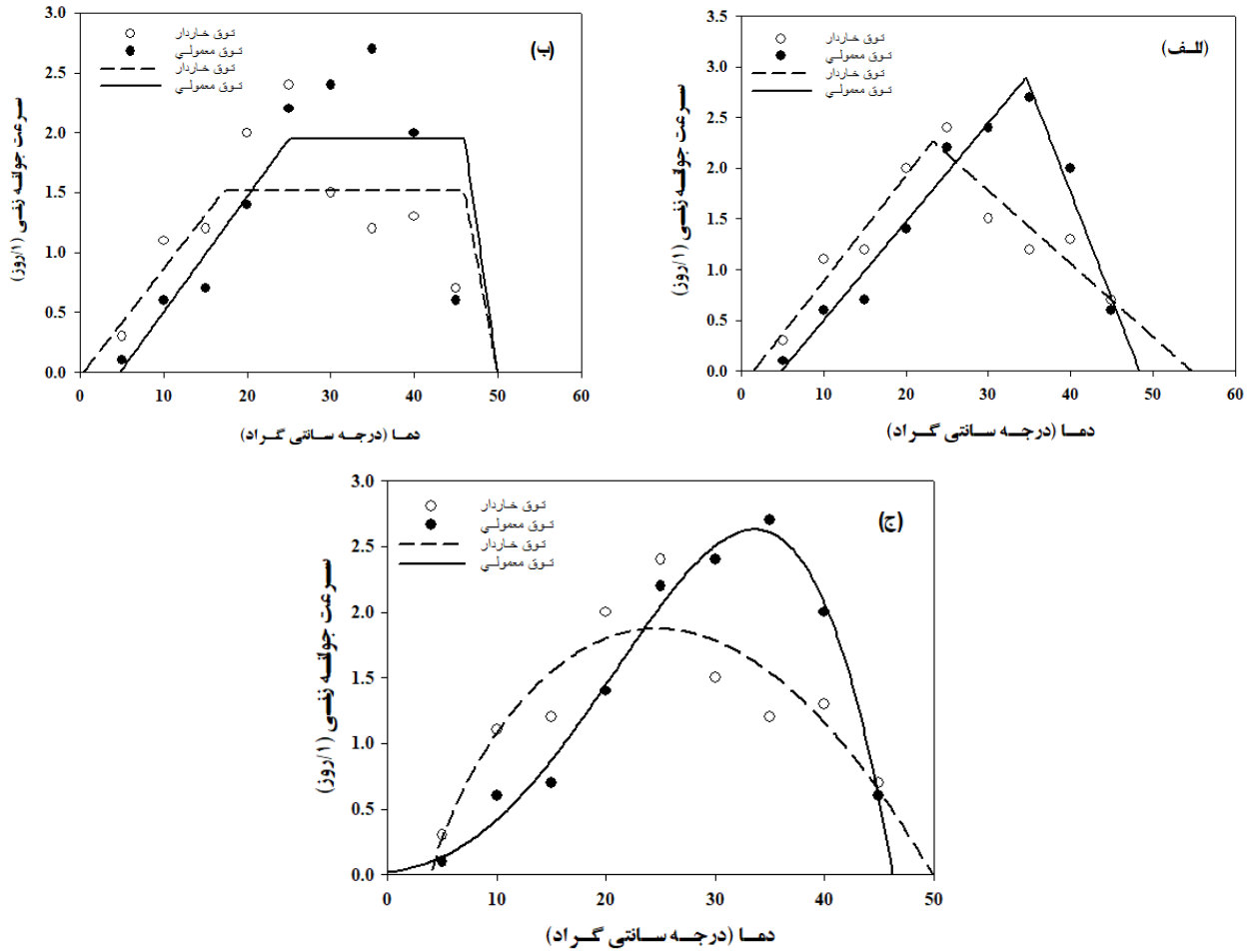
سرعت جوانه‌زنی و دمای کاردینال

سرعت جوانه‌زنی در توق خاردار و معمولی روندی مشابه درصد جوانه‌زنی در واکنش به دماهای مورد مطالعه داشت و بالاترین سرعت جوانه‌زنی توق خاردار مشابه درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در توق معمولی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. سپس با کاهش جوانه‌زنی در دماهای بالا، سرعت جوانه‌زنی در هر دو گونه کاهش یافت. کمترین سرعت جوانه‌زنی در دو گونه توق مربوط به دماهای پایین بود (شکل ۲).

پارامترهای حاصل از برازش داده‌های سرعت جوانه‌زنی دو گونه توق در دماهای مختلف به مدل دو تکه‌ای، دندان مانند و بتا در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که از بین مدل‌های رگرسیون غیرخطی برازش داده شده، مدل دو تکه‌ای نسبت به دو مدل دندان مانند و بتا بر اساس ضریب تبیین بالاتر (R^2= ۰/۸۲) و خطای کمتر (RMSE= ۰/۰۷) برای گونه توق خاردار و ضریب تبیین بالاتر (R^2= ۰/۹۴) و خطای کمتر (RMSE= ۰/۰۴) برای گونه توق معمولی از دقت بیشتری در توصیف و برآورد دمای کاردینال در دو گونه توق برخوردار است.

همانطور که ملاحظه می‌شود بر اساس مدل دو تکه‌ای سرعت جوانه‌زنی در توق خاردار با افزایش دما در محدوده دمای ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌صورت خطی افزایش یافت، و با افزایش دمای بیشتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌صورت خطی کاهش یافت (شکل ۲- الف). بر اساس خروجی‌های مدل دوتکه‌ای، دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف در توق خاردار به‌ترتیب برابر (۱/۴۴±۰/۸۱)، (۲۳/۳±۲/۰۸) و (۵۴/۷±۷/۸۶) درجه سانتی‌گراد برآورد شد. همچنین تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای جوانه‌زنی گونه توق خاردار در مدل دو تکه‌ای، دندان مانند و بتا ۴- پارامتره به‌ترتیب ۰/۴۴، ۰/۶۵ و ۰/۵۳ روز بود (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که با افزایش درجه حرارت از ۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی توق معمولی به‌صورت معنی‌داری افزایش پیدا کرد. این افزایش با شیب ملایمی تا رسیدن به حداکثر مقدار خود در درجه حرارت ۳۵ درجه سانتی‌گراد ادامه پیدا کرد (شکل ۲-الف). با افزایش درجه حرارت از ۳۵ به ۴۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی این گونه از توق به شدت کاهش یافت. بر اساس نتایج دمای پایه برای جوانه‌زنی توق معمولی (۴/۸۰±۱/۶) درجه سانتی‌گراد بود، همچنین دمای مطلوب و سقف برای این گیاه به‌ترتیب (۳۴/۶±۰/۹۵) و (۴۸/۴±۱/۳۹) درجه سانتی‌گراد تعیین شد. همچنین تعداد روز بیولوژیک مورد نیاز برای جوانه‌زنی گونه توق معمولی در مدل دو تکه‌ای، دندان مانند و بتا ۴- پارامتره به‌ترتیب ۰/۳۴، ۰/۵۱ و ۰/۳۸ روز بود (جدول ۳).

دما مهم‌ترین نیروی محرکه مؤثر بر سرعت نمو گیاه زراعی است. اثرات دما بر نمو گیاه، مبنایی برای مدل‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی است. دماهای کاردینال برای جوانه‌زنی مهم‌ترین پارامترهای مدل‌های پویایی علف‌های هرز



شکل ۲. سرعت جوانه‌زنی دو گونه توق خاردار و توق معمولی در دماهای مختلف با استفاده از مدل‌های دوتکه‌ای (الف)، دندان مانند (ب) و بتا ۴- پارامتره (ج)

جدول ۳. پارامترهای برآورد شده حاصل از برازش مدل‌های دو تکه‌ای، دندان مانند و بتا- ۴ پارامتره بر سرعت جوانه‌زنی دو گونه توق خاردار و توق معمولی

گونه	مدل‌ها	پارامترها					R^2	RMSE
		دمای پایه (°C)	دمای مطلوب تحتانی (°C)	دمای مطلوب فوقانی (°C)	دمای سقف (°C)	تعداد روز بیولوژیک		
توق خاردار	دو تکه‌ای	۱/۴۴(۰/۸۱)*	۲۳/۲(۲/۰۸)	–	۵۴/۷(۴/۸۶)	۰/۴۴(۰/۰۳)	۰/۸۲	۰/۰۷
	دندان مانند	۰/۳۷(۱/۰۹)	۱۷/۲(۱/۴۵)	۴۶/۰(۲/۷۸)	۵۰/۰(۳/۹۸)	۰/۶۵(۰/۰۲)	۰/۵۱	۰/۴۷
	بتا- ۴ پارامتره	۴/۰۲(۲/۴۳)	۲۴/۶(۲/۹۲)	–	۴۹/۹(۴/۰۴)	۰/۵۳(۰/۰۵)	۰/۶۶	۰/۱۳
توق معمولی	دو تکه‌ای	۴/۸۰(۱/۶۷)	۳۴/۶(۰/۹۵)	–	۴۸/۴(۱/۳۹)	۰/۳۴(۰/۰۱)	۰/۹۴	۰/۰۴
	دندان مانند	۴/۷۴(۱/۸۷)	۲۵/۰(۲/۹۸)	۴۶/۰(۴/۲۸)	۵۰/۰ (۳/۸۷)	۰/۵۱(۰/۰۳)	۰/۶۱	۰/۶۸
	بتا- ۴ پارامتره	-۱/۷۶(۵/۷۶)	۳۳/۵(۰/۶۸)	–	۴۶/۲(۰/۴۳)	۰/۳۸(۰/۰۱)	۰/۸۲	۰/۱۲

*اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد هستند.

هستند. این مدل‌ها می‌توانند برای پیش‌بینی اثرات طولانی‌مدت سامانه‌های زراعی و راهبردهای مدیریتی بر پویایی جمعیت علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرند (۳۰). از دلایل کاهش درصد جوانه‌زنی در دماهای غیرمطلوب می‌توان به کاهش و یا ممانعت از فعالیت آنزیم‌ها و درنتیجه کاهش سرعت فرآیندهای زیستی لازم برای جوانه‌زنی در این دماها اشاره کرد (۱۳). همچنین، کاهش کارایی سوخت‌وساز بذرها از دیگر عوامل کاهش سرعت جوانه‌زنی در دماهای بالاتر از دمای مطلوب گزارش‌شده است (۳۳). برادفورد (۴) نیز بیان داشت که در دماهای بالاتر از مطلوب، تاخوردگی پروتئین‌ها، اختلال در غشاءها و اثرات متقابل با خشکی وجود دارد. از طرفی افزایش دما علاوه بر اثرات یاد شده می‌تواند زوال بذر را نیز به دنبال داشته باشد. در مطالعه‌ای بر اساس مدل دو تکه‌ای دمای پایه، بهینه و بیشینه علف هرز توق معمولی *X. strumarium* را ۷/۰۹، ۳۲ و ۴۴ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند (۸).

بررسی فنولوژی دو گونه توق بر اساس درجه روز- رشد

با توجه به مراحل رشد دو گونه توق، پنج مرحله فنولوژی در این دو گونه علف هرز مشاهده شد (جدول ۴). مراحل فنولوژی به مراحل سبز شدن، طویل شدن ساقه، گلدهی، میوه‌دهی و رسیدگی تقسیم شد. تعداد روز پس از کاشت و درجه روز- رشد مورد نیاز برای شروع هر مرحله فنولوژی این دو گونه در جدول ۴ نشان داده شده است.

نتایج بررسی فنولوژی نشان داد که طول دوره زندگی گونه توق خاردار ۱۳۶ روز از سبز شدن تا پایان رسیدگی با کسب ۲۶۴۴ درجه روز- رشد پایان می‌یابد. شروع فصل رویشی این علف هرز با مناسب شدن درجه حرارت هوا در نیمه دوم خرداد شروع شد. پس از سبز شدن گیاهچه، مرحله بعدی یعنی طویل شدن ساقه با کسب ۲۳۷ درجه روز- رشد شروع شد؛ رشد رویشی این گونه تا اواسط تیر ماه ادامه یافت. مرحله زایشی (ظهور اولین گل) در اوایل شهریور ماه آغاز شد و با دریافت ۱۴۹۱ درجه روز- رشد آغاز شد. در اواخر شهریور ماه پس از دریافت ۱۸۳۵ درجه روز- رشد بذرهای توق خاردار طی ۱۰۰ روز نمایان شدند. به تدریج با خنک شدن هوا در مهر ماه بذرهای توق خاردار شروع به رسیدن می‌کنند که این فرآیند تا اواخر این ماه ادامه می‌یابد (جدول ۴).

علف هرز توق معمولی پس از دریافت ۱۷۷ درجه روز- رشد از زمان کاشت شروع به جوانه‌زنی کرد. این مرحله در حدود ۹ روز طول کشید و در نیمه دوم خرداد اتفاق افتاد. این گیاه طی پنج مرحله رشدی با کسب ۲۸۷۶ درجه روز- رشد و به مدت ۱۲۸ روز چرخه زندگی خود را تکمیل کرد. جوانه‌های گل در اواسط شهریور تولید شدند که به حدود ۲۰۲۶ درجه روز- رشد حرارت نیاز داشتند. میوه‌دهی این گونه توق از اواخر شهریور ماه شروع شد و تا اوایل مهر ماه ادامه یافت (جدول ۴).

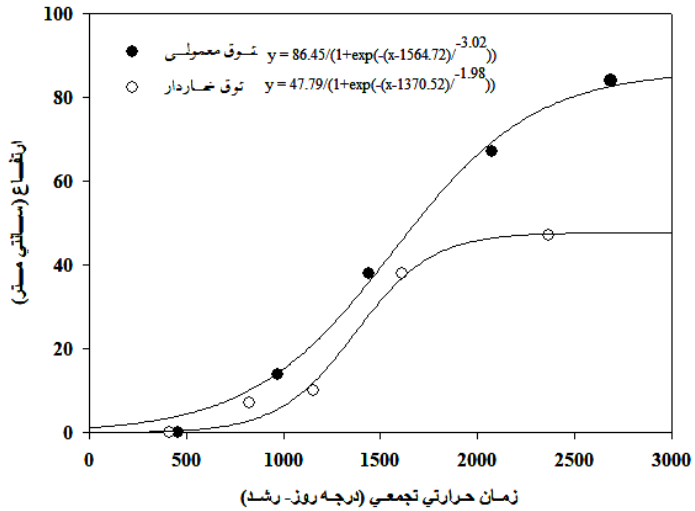
بررسی مورفولوژی و رشد دو گونه توق بر اساس درجه روز- رشد

بررسی ویژگی‌های مورفولوژیک در دو گونه توق نشان داد که روند تغییرات ارتفاع بوته از یک روند سیگموئیدی تبعیت می‌کند. به‌طوری که ارتفاع هر دو گونه پس از سبز شدن در ابتدا با سرعت کم تا دریافت زمان حرارتی ۶۴۰ درجه روز- رشد در توق خاردار و ۸۷۰ درجه روز- رشد در توق معمولی افزایش یافت (شکل ۳). در حرارت تجمعی ۱۳۷۰ و ۱۵۶۴ روز- رشد به‌ترتیب گونه توق خاردار و توق معمولی به ۵۰ درصد حداکثر ارتفاع رسید. بالاترین ارتفاع در گونه توق معمولی و خاردار به‌ترتیب ۸۶/۴ و ۴۷/۸ سانتی‌متر بود (شکل ۳).

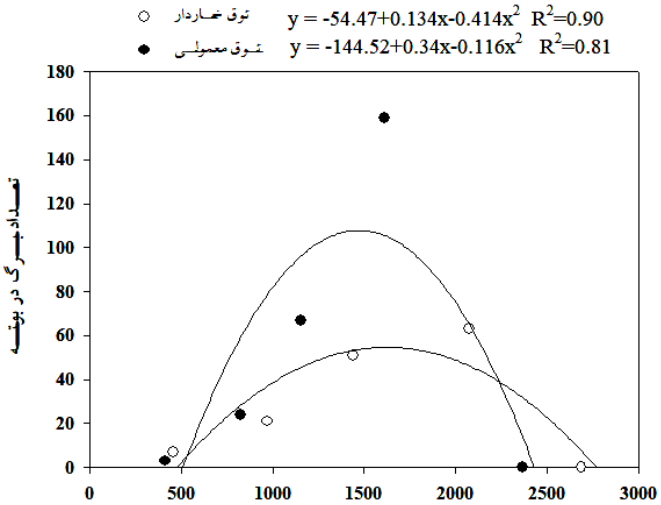
روند تغییرات تعداد برگ در طول دوره رشد از منحنی درجه دوم تبعیت کرد (شکل ۴). بر این اساس در هر دو گونه با افزایش درجه روز- رشد دریافتی تعداد برگ افزایش یافت. از نظر تقویم زمانی این دوره همزمان با تیر ماه بود؛ به عبارتی با افزایش دما رشد رویشی افزایش یافت. با توجه به شکل ۴ اولین برگ اصلی در گونه توق خاردار و توق معمولی به‌ترتیب

جدول ۴. روز پس از کاشت و درجه روز رشد مورد نیاز برای شروع وقوع مراحل نموی توق خاردار و توق معمولی

مرحله فنولوژی	توق خاردار		توق معمولی	
	درجه روز – رشد	روز پس از کاشت	درجه روز – رشد	روز پس از کاشت
سبز شدن	۱۱۰	۵	۱۷۷	۹
ساقه‌دهی	۲۳۷	۱۲	۳۴۱	۱۶
گلدهی	۱۴۹۱	۸۱	۲۰۲۶	۸۶
میوه‌دهی	۱۸۳۵	۱۰۰	۲۳۳۸	۹۹
رسیدگی	۲۳۴۹	۱۲۴	۲۶۴۴	۱۱۷
کل	۲۶۴۴	۱۳۶	۲۸۷۶	۱۲۸



شکل ۳. تغییرات ارتفاع در دو گونه توق معمولی (دایره سیاه توپر) و توق خاردار (دایره سیاه توخالی) بر اساس درجه روز- رشد.



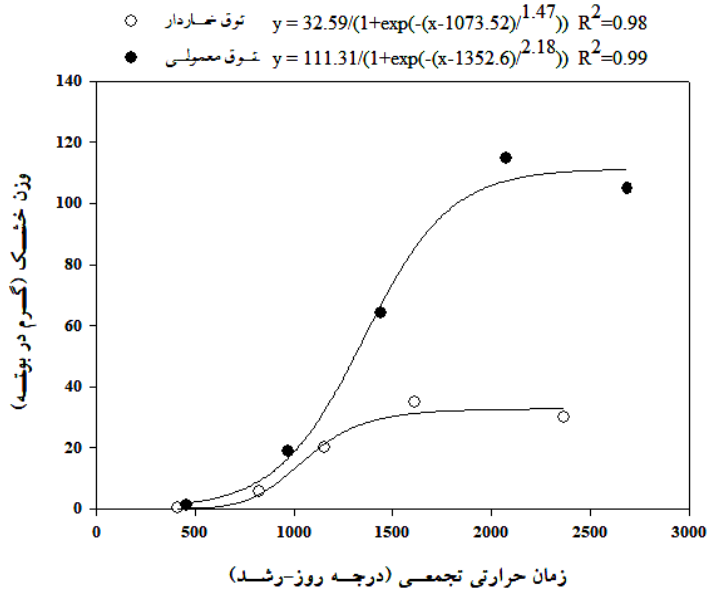
شکل ۴. تغییرات تعداد برگ در بوته دو گونه توق معمولی (دایره سیاه توپر) و توق خاردار (دایره سیاه توخالی) بر اساس درجه روز- رشد

در حرارت تجمعی حدود ۵۰۸ و ۵۱۸ درجه روز- رشد مشاهده شد. با افزایش حرارت ابتدا بر تعداد برگ‌های دو گیاه افزوده شد به گونه‌ای که در توق معمولی و خاردار به‌ترتیب در حرارت ۲۰۷۷ و ۱۶۲۰ درجه روز- رشد تعداد برگ به بالاترین مقدار رسید و سپس روند کاهشی درپیش گرفت؛ در واقع رشد رویشی کم و بیش متوقف شد. به‌نظر می‌رسد در این مرحله مواد غذایی بیشتر صرف رشد زایشی و رسیدگی میوه شدند و بخش کمتری به رشد رویشی اختصاص یافت.

تغییرات وزن خشک بوته دو گونه توق بر اساس مدل سیگموئیدی در طول رشد تغییر کرد (شکل ۵). در حرارت تجمعی ۱۰۷۳ و ۱۳۵۲ درجه روز- رشد به‌ترتیب گونه توق خاردار و توق معمولی به ۵۰ درصد حداکثر ارتفاع رسیدند. بالاترین وزن خشک در گونه توق خاردار و معمولی به‌ترتیب ۳۲/۶ و ۱۱۱ گرم در بوته بود و زمان رسیدن به حداکثر وزن خشک توق خاردار و معمولی به‌ترتیب در درجه روز- رشد ۱۸۵۳ و ۲۲۵۶ مشاهده شد (شکل ۵).

در پایان مرحله رشدی گونه‌های توق خاردار و توق معمولی به‌ترتیب به‌طور متوسط ۹۲/۳ و ۱۱۴ بذر تولید کردند و به‌طور کلی وزن صد دانه دو گونه توق معمولی و توق خاردار به‌ترتیب ۱۲۶ و ۷۳/۵ گرم بود (جدول ۵).

براساس نتایج اختلاف قابل‌توجهی بین خصوصیات مورفولوژیک دو گونه مورد بررسی در شرایط محیطی یکسان مشاهده شد. هر دو گیاه مراحل نموی خود را حدودا همزمان شروع کردند؛ اما سرعت مشابهی نداشتند. ارتفاع، وزن خشک و تعداد برگ در گونه توق معمولی بیشتر از توق خاردار بود، همچنین مقدار بذر تولیدی این گونه نیز بیشتر از توق خاردار بود. 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 بهتر این گونه علف هرز مؤثر باشد؛ چرا که با در دست داشتن اطلاعات دقیق مراحل رشدی، می‌توان زمان کشت محصولات هم‌خانواده این علف‌های هرز به‌گونه‌ای مدیریت شود که از این طریق بتوان از قدرت رقابت این علف هرز کاست (۱۶). همچنین کاربرد علف‌کش در بهترین مرحله از رشد علف هرز، از دیگر فواید دستیابی به اطلاعات دقیق فنولوژی علف هرز است؛ زیرا یکی از مکانیسم‌های انتخابی عمل کردن علف‌کش، زمان کاربرد و توجه به مرحله فنولوژیکی علف هرز و محصول است. حساسیت بسیاری از علف‌های هرز به علف‌کش‌ها، با افزایش سن کاهش می‌یابد (۶). بررسی مراحل رشدی گونه *X. strumarium* نشان داد که نمو رویشی و زایشی عمدتاً در فصل تابستان اتفاق می‌افتد. به‌طور کلی، مراحل رشدی چرخه زندگی رویشی و زایشی از ماه فروردین تا مهر قابل مشاهده بودند. شروع تشکیل گل آذین به‌طور کلی در تابستان (تیر ماه) آغاز می‌شود و تقریباً در اواخر تابستان (مرداد ماه) به پایان می‌رسد. تشکیل بذر از خرداد آغاز شد و تا مرداد ماه ادامه داشت و در اواخر تیرماه به اوج خود رسید. تشکیل میوه تا ماه مهر ادامه داشت و طولانی‌ترین مرحله رشدی، مربوط به فاز زایشی بود که بین ۶-۴ ماه طول کشید (۳۵). مطالعات فراوانی در راستای تعیین فنولوژی گیاهان مختلف صورت گرفته است، جعفرزاده و همکاران (۱۴) در بررسی جوانه‌زنی و فنولوژی علف هرز سس (*Cuscuta campestris*) در مزارع چغندرقند دریافتند که چرخه زندگی سس، از کاشت تا تولید بذر، طی چهار مرحله رشدی، از مرحله سبز شدن آغاز شد و با کسب ۷۱۶ درجه روز- رشد، به رشد خود ادامه دادند و گلدهی، طولانی‌ترین و سبز شدن، کوتاه‌ترین مرحله رشدی بوده است. براساس نتایج، توق خاردار مراحل اولیه رشد خود را زودتر از توق معمولی شروع کرده است (سبز شدن) و مراحل بعدی را با زمان بیشتری طی کرده است. برخی از مراحل رشدی این دو گونه علف هرز، با یکدیگر تداخل داشتند. برخی از گیاهان در مرحله گلدهی بودند درحالی‌که برخی دیگر از گیاهان شروع به بذردهی کردند. نتایج این بررسی نشان داد که دوره زندگی این دو گونه با جوانه‌زنی در بهار آغاز و با تولید بذر در پاییز پایان می‌یابد. این دو گونه برای تکمیل مراحل رشدی خود در مراحل مختلف به مقادیر متفاوتی از درجه روز- رشد نیاز دارد.



شکل ۵. تغییرات وزن خشک بوته دو گونه توق معمولی (دایره سیاه توپر) و توق خاردار (دایره سیاه توخالی) بر اساس درجه روز- رشد

جدول ۵. مشخصات اندازه، تعداد و وزن صد دانه بذر دو گونه توق خاردار و معمولی

گونه علف هرز	اندازه بذر		تعداد بذر در بوته	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)
	طول (میلی متر)	عرض (میلی متر)		
توق خاردار	۱۳/۸	۴	۹۲/۳	۷۳/۵
توق معمولی	۱۷/۲	۷	۱۱۴	۱۲۶

طولانی‌ترین مرحله رشدی این دو گونه علف هرز مرحله گلدهی می‌باشد و پس از آن، شروع میوه‌دهی تا رسیدگی کامل در مرتبه بعدی از نظر دوره رشدی قرار گرفت. از ویژگی‌های این دو گونه تولید بذر زیاد است. بر اساس یادداشت‌برداری‌های هفتگی میانگین میانگین تعداد بذر در توق خاردار ۹۲/۳ و توق معمولی ۱۱۴عدد بود. به‌طور کلی بذرهای توق در اواخر مهر ماه تا اواخر آبان ماه ریزش پیدا کرده و بذرها به بانک بذر افزوده می‌شوند و در نهایت با به‌دست آوردن دمای لازم در بهار سال بعد جوانه می‌زنند. نکته حائز اهمیت کنترل این علف هرز در محدوده زمانی ذکر شده است. از آنجایی که گیاه توق در کشت‌های بهاره بیشتر وجود دارد و معمولاً در نیمه دوم بهار جوانه می‌زنند. انجام شخم زمستانه و اوایل بهار برای کشت محصولات تابستانه ممکن است بر بانک بذر این دو گونه در خاک اثر بگذارد. می توان از اواخر زمستان و اوایل بهار به‌عنوان زمان حیاتی برای مدیریت و تخلیه بانک بذر نام برد. اما به‌طور کلی دما عامل اصلی بروز مراحل فنولوژی است. دماهای سالانه و شرایط آب و هوایی هر ساله به شناخت نسبی زمان‌های حساس علف‌های هرز کمک به‌سزایی می‌کند. در مجموع می‌توان گفت این دو گونه توق علف‌های هرزی با دوره‌ی رشد کوتاه هستند. این آزمایش حدود ۵ تا ۶ ماه به طول انجامید و بیشترین تولید اندام هوایی در تابستان صورت گرفت. از دیدگاه مدیریتی این دو گونه علف هرز باید قبل از تولید بذر کنترل شود بذر آن وارد بانک بذر نشود.

نتیجه‌گیری کلی

در آزمایش اثر دماهای ثابت مشخص شد که در دو دمای ۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد کمترین جوانه‌زنی دو گونه توق مشاهده شد و با افزایش دما درصد جوانه‌زنی افزایش یافت. به‌طوری‌که جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در گونه توق خاردار و ۳۵ درجه سانتی‌گراد در گونه توق معمولی به حداکثر مقدار خود رسید و بعد از آن با افزایش دما درصد جوانه‌زنی در دو گونه کاهش یافت. دماهای کاردینال دو گونه توق خاردار و توق معمولی مشابه نبودند و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود داشت. از نتایج فوق استنباط می‌شود که گونه‌های توق می‌توانند در مناطق مختلف کشور و در دامنه وسیعی از شرایط دمایی رشد کنند و در بوم‌نظام‌های کشاورزی مشکل‌ساز باشند؛ اما مناطق معتدل و گرمسیر را ترجیح می‌دهند. بر پایه شناخت کامل از مراحل مختلف فنولوژی این دو گونه علف هرز می‌توان نسبت به برنامه‌ریزی جهت اعمال مدیریت صحیح اقدام نمود. به‌منظور جلوگیری از تولید بذر و گسترش بیشتر این دو گونه، کنترل در مرحله قبل از تولید گل، به‌عنوان مناسب‌ترین زمان کنترل توصیه می‌شود. لذا، این دو گونه باید قبل از تولید گل، کنترل شوند تا بذر آن وارد بانک بذر نشود، چرا که بذر آن از عوامل ایجاد آلودگی در مزرعه محسوب می‌شود.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از همکاری معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به‌خاطر حمایت‌های مالی پژوهش حاضر کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

1. Aleebrahim, M. T., F. Meyghani, M. H. Rashed Mohassel and M. A. Baghestani. 2009. Study of phenology in Russian knapweed (*Acropilton repens*) based on growing day degree. *Applied Entomology and Phytopathology* 77(2): 119-136. (In Farsi).
2. Ansari, E., J. Gherekhloo, F. Ghaderi Far and B. Kamkar. 2017. Application of hydrotime model in quantification of germination response of *Malva sylvestris* L. seed to water potential. *Journal of Environmental Stress in Crop Sciences* 10(1): 77.
3. Bittencourt, H. V. H., L. T. S. Bonome, M. M. Trezzi, R. A. Vidal and M. A. Lana. 2017. Seed germination ecology of *Eragrostis plana*, an invasive weed of South American pasture lands. *South African Journal of Botany* 109: 246-252.
4. Bradford, K. J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science* 50*:* 248-260.
5. Bullied, W. J., A. M. Marginet and R. C. Van Acker. 2003. Conventional- and conservation-tillage systems influence emergence periodicity of annual weed species in canola. *Weed Science* 51(6): 886-897.
6. Cave, R. L., G. L. Hammer, G. McLean, C. J. Birch, J. E. Erwin and M. E. Johnston. 2013. Modelling temperature, photoperiod and vernalization responses of *Brunonia australis* (*Goodeniaceae*) and *Calandrinia* sp. (*Portulacaceae*) to predict flowering time. *Annals of Botany* 111(4): 629-639.
7. Dincer, I., A. Midilli, A. Hepbasli and T. H. Karakoc. 2010. *Global warming: Engineering solutions. Green Energy and Technology.* Boston, MA. 625 pp.emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177
8. Foroughi, A., J. Gherekhloo and F. Ghaderi Far. 2014a. Effect of plant density and seed position on mother plant on physiological characteristic of cocklebur (*Xanthium strumarium*) seeds. *Planta Daninha* 32(1):61-68
9. Foroughi, A., J. Gherkhloo and F. Ghaderi Far. 2014b. Row spacing and common cocklebur interference effect on grain yield and its components of two sesame cultivars in Gorgan. *Electronic Journal of Crop Production* 6(2): 101-116.
10. Ghaderi Far, F., S. M. Alimagham, A. M. Kameli and M. Jamali. 2012. Isabgol (*Plantago ovate* Forsk) seed germination and emergence as affected by environmental factors and planting depth. *International Journal of Plant Production* 2: 185-194.
11. Goharian, A., K. Sadat Asilan and C. Mansourifar. 2019. Effect of environmental factors on some seed germination aspects of two populations of common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Research* 6(3): 411-425. (In Farsi).

12. Golmohammadzadeh, S., F. Zaefarian, M. Rezvani. 2022. Investigation of growth characteristics and phenological stages of *Papaver dubium* L. and *Papaver rhoeas* L. species based on growth degree day. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 36(3): 339-351. (In Farsi).
13. Gorgani, M., A. Siahmarguee, F. Ghaderifar and J. Gherekhloo. 2017. Locating areas prone to infection with Ivy-leaved morning glory (*Ipomoea hederaceae* Jacq) in germination stage: a new entrant's weed in arable lands of Golestan Province. *Weed Research Journal* 8(2): 35-51. (In Farsi).
14. Jafarzadeh, N., A. Pirzad, H. Hadi, M. A. Bagestani and R. Maleki. 2016. Survey of germination and phenology of dodder (*Cuscuta campestris*) in sugar beet (*Beta vulgaris*) fields. *Iranian Journal of Weed Science* 11(2):129-143. (In Farsi).
15. Khatibzadeh, R., M. Azizi, H. Arooiee and M. Farsi. 2013. Effects of sterilization protocol and pre-chilling treatment on in vitro seed germination of *Levisticum officinale* Koch. *Journal of Horticulture Science* 27(2): 130-138.
16. Khodapanah, G., J. Gherekhloo, S. Sohrabi, F. Ghaderi-Far, S. Golmohammadzadeh. Phenological response patterns and productive ability of Fallopia convolvulus to weather variability in Iran 2023. Agronomy. 18(3): e3211.
17. Kiani, A., A. Siahmarguee and E. Soltani. 2015. Effects of temperature, salinity, and planting depth on seed germination and emergence of tall morning glory (*Ipomoea* spp.). *Journal of Plant Protection* 29(3): 437-448.
18. Leon, R. G., A. D. Knapp and M. D. K. Owen. 2004. Effect of temperature on the germination of common waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*), giant foxtail (*Setaria faberi*), and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science* 52: 67-73.
19. Lu, P., W. Sang and M. Keping. 2006. Effects of environmental factors on germination and emergence of crofton weed (*Eupatorium adenophorum*). *Weed Science* 54(3): 452-457.
20. Maguire, J. D. 1962. Speed of germination- aid in selection and evaluation for seedling ememergence and vigor. *Crop Science* 2(2): 176-177.
21. Mahmoodi, A. R., E. Soltani and H. Barani. 2008. Germination response to temperature of snail medic (*Medicago scutellata* L.). *Electronic Journal of Crop Production* 1(1): 54-63.
22. Mohammadvand, E., A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and A. Shahdi. 2014. Response of germination of two species of two *Echinochloa* weed species to temperature and period of light with emphasis on invasion capability in newly arrived species. *Iranian Journal of Crop Science* 45(4): 639-648. (In Farsi).
23. Norsworthy, J. K. and M. J. Oliveira. 2007. Light and temperature requirements for common cocklebur (*Xanthium strumarium*) germination during after-ripening under field conditions. *Weed Science* 55: 227-234.
24. Payamani, R., I. Nosratti, M. Amerian. 2019. Phenology of hedge parsley (*Torilis arvensis*) based on growing day degree in Kermanshah. *Iranian Journal of Weed Science* 16(2): 17-25. (In Farsi).
25. Rostami, M., G. Rassam and A. A. Khodamzadeh. 2013. Determining the cardinal temperatures of germination in two weeds (*Xanthium strumarium* L.) and hemp (*Hyoscyamus niger* L.). In: Proceeding of 5th Iran Weed Science Conference. Tehran, Iran. 24-26 August, pp. 342-345. (In Farsi).
26. Saeed, A., A. Hussain, M. I. Khan, M. Arif, M. M. Maqbool and H. Mehmood. 2020. The influence of environmental factors on seed germination of *Xanthium strumarium* L.: Implications for management. *PLoS ONE* 15(10): e0241601.
27. Saric, M., D. Bozic, D. Pavlovic, I. Elezovic and S. Vrbnicanin. 2012. Temperature effects on common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) seed germination. *Romanian Agricultural Research* 29: 389-392.
28. Savari-Nejad, A. R., L. Habibian and M. Yunes-Abadi. 2010. The introduction of new invasive weeds of wild melon, morning glory and two spurge species in soybean fields in Golestan province. In: Proceeding of first National Conference on Advances in the production of plant oils. Bojnourd, Iran. 26-27 May, pp. 118-123. (In Farsi).
29. Shakarami, B., G. H. Dianati-Tilaki, M. Tabari and B. Behtari. 2011. The effect of priming treatments on salinity tolerance of *Festuca arundinacea* Schreb and *Festuca ovina* L. seeds during germination and early growth. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding Genetic Research* 18(2): 318-328. (In Farsi).
30. Siahmargoei, A., Z. Nazarian and F. Ghaderi Far. 2016. Germination response study of tall morning glory (*Ipomoea purpurea* (L.) Roth.), an invasive weed, to temperature and water potential. *Journal of Weed Research* 8(1): 59-71. (In Farsi).
31. Sohrabi, S., J. Gherekhloo, B. Kamkar, A. Ghanbari and M. H. Rashed Mohassel. 2016. The phenology and seed production of *Cucumis melo* as an invasive weed in northern Iran. *Australian Journal of Botany* 64: 227-234.
32. Soltani, A and V. Maddah. 2010. Simple Applications for Teaching and Research in Agronomy. Ecological Society of Shahid Beheshti University Press, Tehran.
33. Thygerson, T., J. M. Harris, B. N. Smith, L. D. Hansen, R. L. Pendleton and D. T. Booth. 2002. Metabolic response to temperature for six populations of winterfat (*Eurotia lanata*). *Thermochimica Acta* 394: 211-217.
34. Tranel, P. J., M. R. Jeschke, J. J. Wasson, D. J. Maxwell and L. M. Wax. 2003. Variation in soybean interference

among common cocklebur (*Xantium strumarium* L.) accessions. *Crop Protection* 22: 375-380.
35. Ullah, R., N. Khan and K. Ali. 2022. Which factor explains the life-history of *Xanthium strumarium* L., an aggressive alien invasive plant species, along its altitudinal gradient? *Plant Direct* 6(1): 1-17.
36. Yousefi, A. R., M. Ebrahimi, M. Ghanbari and M. Pouryosef. 2010. Predicting seedling emergence of *Xanthium strumarium* in two burial depths. *Iranian Journal of Weed Science* 6: 57-65. (In Farsi).
37. Zulkaliph, N. A., A. S. H. Juraimi, M. D. K. Uddin, M. Begum, M. Mustapha, S. M. Amrizal and N. H. Samsuddin. 2011. Use of saline water for weed control in seashore paspalum (*Paspalum vaginatum*). *Australian Journal of Crop Science* 5: 523-530.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 13, No. 4, Winter 2024, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Determination of Cardinal Temperatures and Phenological Stages of Two Species of Spiny Cocklebur (*Xanthium spinosum*) and Common Cocklebur (*X. strumarium*) Based on Growing Degree-Day

A. Ahmadi Vashvaei[1], F. Zaefarian[2*], M. Rezvani[3] and I. Mansouri[4]

(Received: December 05-2022; Accepted: October 07-2023)

Abstract

Two species of common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.) and spiny cocklebur (*X. spinosum*) are common annual summer weeds in soybean fields and other summer crops. The current research was carried out with the aim of determining the cardinal temperatures of germination and determining the phenology stages of these two species in Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. In order to determine the cardinal temperatures of germination of seeds of two weed species, the seeds were examined at constant temperatures of 5 to 45 °C in a completely randomized design in 4 replications in a laboratory experiment. Also, the phenology stages of two weed species were investigated in a field experiment. The highest germination% was observed for the spiny cocklebur (51.3%) and the common cocklebur (58.1%) at temperatures of 25 and 35 °C, respectively. According to the different parameters of segmented model, the base temperature, lower optimum temperature and ceiling temperature for spiny cocklebur are 1.4, 23.2 and 54.7 °C, and for common cocklebur are 4.8, 34.6 and 48.4 °C, respectively. Time from emergence to physiological maturity for the spiny cocklebur and common cocklebur were 136 and 128 days, respectively. The results suggested that seed germination of the two weed species occurs in a wide range of temperatures, i.e. of 5 to 45 °C, and the best time to control this weed is late summer (before the beginning of the flowering stage).

Keywords: Weed, Phenological stages, Germination, Plant maturity

1, 2 and 4. MSc Student of Weed Science, Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Science and Natural University, Sari, Iran.
3. Associate Professor, Islamic Azad University, Qaemshahr, Department of Agronomy and Plant Breeding, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran.
*: Corresponding Author, Email: fa_zaefarian@yahoo.com