

تعیین دماهای کاردینال چمن سردسیری و دو گونه علف هرز غالب آن

مرجان دیانت^{*1}

تاریخ دریافت: 1395/09/03

تاریخ پذیرش: 1396/06/15

چکیده

واکنش جوانه‌زنی بذر دو گونه چمن فتان قرمز (*Festuca rubra* L.) و چچم دائمی (*Lolium perenne* L.) و دو گونه علف هرز غالب آنها هفت بند (*Polygonum aviculare* L.) و شیر تیغی (*Sonchus oleraceus* L.) به دماهای 2، 5، 10، 15، 20، 25، 30، 35، 40 و 45 درجه سانتیگراد در ژرمیناتور مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با 4 تکرار انجام شد. جهت تعیین دماهای کاردینال (پایه، مطلوب و بیشینه) از مدل‌های رگرسیون غیر خطی (خطوط متقاطع، دندان مانند و چند جمله‌ای درجه 2) بین سرعت جوانه‌زنی و دماهای مختلف استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در سطح یک درصد تحت تاثیر دما قرار گرفتند. مدل خطوط متقاطع در گونه های چچم دائمی، فتان قرمز و شیر تیغی و مدل دندان مانند در گونه هفت بند به خوبی سرعت جوانه‌زنی را نسبت به دما توصیف نمودند و با توجه به کمترین جذر میانگین مربعات خطا و بیشترین ضریب تبیین بهترین برازش را برای جوانه‌زنی بذور مورد بررسی نشان دادند. دمای پایه، مطلوب و بیشینه به ترتیب برای چچم دائمی 4/12، 24/66، 43/27 برای فتان قرمز 2/0، 24/86، 43/48 برای هفت بند 2/95، 19/94 - 22/21، 44/97 و برای شیر تیغی 2/0، 17/77، 44/86 درجه سانتیگراد به دست آمد. گونه فتان قرمز به علت پایین‌تر بودن دمای پایه نسبت به چچم دائمی و علف های هرز زودتر جوانه زد بنابراین استفاده از چمن‌های اسپورتی که دارای نسبت بالاتری بذر فتان قرمز می‌باشند موجب می‌شود چمن بتواند سریعتر از گونه‌های هفت بند و شیر تیغی مستقر شده و در رقابت با علف های هرز پیروز باشد. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان کارایی کنترل علف‌های هرز را در چمن بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: چچم دائمی، درصد جوانه‌زنی بذر، سرعت جوانه‌زنی، فتان قرمز، مدل‌های رگرسیونی

مقدمه

فضای سبز و تخریب چمن سنگ فرش آسفالت و ... می‌گردد (7). گونه‌های علف های هرز در برهه های زمانی متفاوتی از فصل سبز می‌شوند و الگوی سبز شدن ویژه‌ای برای هر گونه دیده می‌شود (4). الگوی سبز شدن علف‌های هرز مشخص کننده زمان کاربرد علف‌کش و چگونگی کنترل علف های هرز خواهد بود. این موضوع کمک بزرگی در جلوگیری و یا به حداقل رساندن اثر علف های هرز بر کیفیت و میزان رشد چمن دارد. پیش بینی زمان سبز شدن علف های هرز می‌تواند در کاهش رقابت علف های هرز با چمن و همچنین استفاده از برنامه های مدیریتی مناسب ما را یاری دهد (9).

موضوع کمک بزرگی در جلوگیری و یا به حداقل رساندن اثر علف های هرز بر کیفیت و میزان رشد چمن دارد. پیش بینی زمان سبز شدن علف های هرز می‌تواند در کاهش رقابت علف های هرز با چمن و همچنین استفاده از برنامه های مدیریتی مناسب ما را یاری دهد (9).

جوانه‌زنی مرحله‌ای بحرانی در چرخه زندگی گیاهان است و اغلب پویایی جمعیت را کنترل می‌کند. این فرآیند فیزیولوژیکی تحت تاثیر عامل مختلفی مانند دما، رطوبت و نور قرار می‌گیرد که در این میان

فضاهای سبز از لحاظ زیست محیطی به عنوان شریان‌های حیاتی شهرها محسوب می‌شوند و با توجه به رشد روز افزون شهرنشینی، ایجاد فضاهای سبز کلان به عنوان مهمترین تعدیل کننده زیست محیطی شهرها، ضروری می‌باشد. چمن‌ها بخش عمده‌ای از فضای سبز را تشکیل می‌دهند که در صورت مدیریت نامناسب و ضعیف شدن آن‌ها، مورد هجوم علف های هرز قرار می‌گیرند. احداث و نگهداری محصولاتی مانند تولید چمنکاری‌ها در فضای سبز که نیاز آبی بالایی دارند مستلزم صرف هزینه های گزاف برای شهرداری ها می‌باشد. رشد علف‌های هرز این گیاهان مزاحم در فضای غیر زراعی نظیر فضای سبز عجیب و نامناسب به شمار می‌رود و باعث مصرف آب مورد نیاز چمن، اختلال در نظم موجود در

1- استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و

تحقیقات، تهران، ایران

(Email: mdianat@ut.ac.ir)

* - نویسنده مسئول:

8/7 درجه سانتی گراد قرار داشت و دمای مطلوب آنها در فاصله دمایی 23 تا 30/5 درجه سانتیگراد متغیر بود. علف‌های هرز هفت بند⁸ و شیر تیغی⁹ از مهمترین علف‌های هرز در چمن سردسیری کشت شده در تهران هستند. بذر چمن سردسیری که در تهران کشت می‌شود ترکیبی از دو یا سه گونه گراس چچم دائمی¹⁰ (3)، فتان قرمز¹¹ و پوا¹² می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی کارایی مدل‌های رگرسیون غیر خطی در پیش بینی سرعت جوانه زنی دو گونه چمن سردسیری چچم دائمی و فتان قرمز و دو گونه علف هرز غالب چمن، هفت بند و شیر تیغی و تعیین دماهای کاردینال آنها بود.

مواد و روش‌ها

واکنش جوانه زنی بذر دو گونه چمن فتان قرمزرقم ماکسیما و چچم دائمیرقم تایا و دو گونه علف هرز غالب آنها هفت بند و شیر تیغی (که از موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع تهیه شده بودند) به دماهای 2، 5، 10، 15، 20، 25، 30، 35، 40 و 45 درجه سانتیگراد در ژرمیناتور مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با 4 تکرار در آزمایشگاه اکولوژی مجتمع آزمایشگاهی رازی در دانشگاه آزاد اسلامی - واحد علوم و تحقیقات انجام شد. برای هر تکرار 25 عدد بذر انتخاب شدند که پس از ضد عفونی با هیپوکلرید سدیم 1 درصد به مدت 60 ثانیه درون پتری دیش‌هایی با قطر 9 سانتی متر حاوی کاغذ صافی واتمن قرار گرفتند و با 10 میلی لیتر آب مقطر مرطوب شدند. پتری دیش‌ها در ژرمیناتور با تناوب نوری 16 ساعت روز و 8 ساعت شب و رطوبت نسبی 60 درصد قرار گرفتند. جهت حفظ رطوبت و تبادل حرارتی مناسب کاغذ صافی پتری دیش‌ها در طی آزمایش مرطوب نگه داشته شد. جهت شکستن خواب بذر هفت بند از سرمادهی مرطوب استفاده شد (8). شمارش بذور جوانه زده پس از گذشت 24 ساعت از شروع آزمایش هر روز انجام شد تا زمانی که تعداد تجمعی بذور جوانه زده به یک حد ثابت (14 روز) رسید. مبنای جوانه‌زنی بذور، خروج ریشه‌چه از پوسته بذر و رویت آن با چشم غیر مسلح بود (14). درصد و سرعت جوانه‌زنی در هر دما محاسبه شد. با شمارش بذور جوانه زده در هر روز متوسط زمان جوانه زنی برای بذور محاسبه شد. سپس سرعت جوانه‌زنی با استفاده از روش ماگیور (19) (معادله 1) محاسبه گردید (29).

$$Rs = \sum_{n=1}^i Si / Di \quad (1)$$

دما تاثیر مهمی بر خواب و جوانه‌زنی بذور دارد (16). دما مهمترین عاملی است که سرعت نمو علف‌های هرز (از جمله سرعت جوانه زنی) را تحت تاثیر قرار می‌دهد. اثرات دما روی نمو گیاهان اساس مدل‌های مورد استفاده برای پیش بینی زمان جوانه‌زنی است (16). دامنه دمایی برای جوانه‌زنی توسط دماهای پایه، بهینه و بیشینه تعریف می‌شود. سرعت نمو بین دماهای پایه و بهینه افزایش می‌یابد، بین دماهای بهینه و بیشینه کاهش یافته و فراتر از دمای بیشینه و کمتر از دمای پایه متوقف می‌شود (22). انواعی از توابع ریاضی برای شرح رابطه بین سرعت جوانه‌زنی و دما استفاده شده است (22). توابع دمایی مختلفی برای توصیف واکنش جوانه‌زنی به دما وجود دارد که از میان آنها سه تابع دوتکه‌ای¹، بتا² و دندان مانند³ برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرها به دما بیشتر از بقیه مورد استفاده قرار گرفته‌اند (2). امتیاز این توابع این است که پارامترهای این مدل‌ها دارای مفهوم بیولوژیکی مانند دماهای کاردینال، سرعت ذاتی جوانه‌زنی و سبز شدن هستند. استیناموس و همکاران (29) چندین روش مرسوم و جایگزین را برای تعیین دمای پایه جوانه‌زنی 9 گونه علف هرز مقایسه کردند. کامکار و همکاران (16) در مطالعه گیاه خشخاش⁴ با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی مدل دوتکه‌ای را به عنوان مدل برتر در پیش‌بینی سرعت جوانه‌زنی معرفی کردند. آنها همچنین در مطالعه کمی سازی سرعت سبز شدن گندم در واکنش به دما با استفاده از مدل‌های رگرسیون غیرخطی مدل لجستیک را به عنوان مدل برتر انتخاب کردند. زینالی (34) با بررسی جوانه‌زنی در دامنه دمایی ثابت 5 تا 14 درجه سانتیگراد، دماهای کاردینال برای جوانه زنی 32 رقم گندم را به دست آوردند. کامکار و همکاران (15) و همکاران از مدل‌های دو تکه‌ای و لجستیک برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی و سبز شدن گندم⁵ استفاده کردند. سلطانی (25) از مدل‌های بتا⁶، دو تکه‌ای و دندان مانند برای مدل‌سازی سبز شدن گیاه نخود⁷ در دماها و عمق‌های متفاوت استفاده کردند و مدل دندان مانند را به عنوان مدل برتر در پیش‌بینی سبز شدن این گیاه معرفی کردند. بنابراین، برخی از محققین از این مدل‌ها برای به دست آوردن دماهای کاردینال یعنی دمای پایه، دمای مطلوب و دمای بیشینه استفاده کرده‌اند (10، 11 و 13). خاوری و همکاران (18) نشان دادند که بین ارقام چمن از نظر واکنش به دماهای کاردینال تنوع وجود دارد، به طوری که دامنه این تنوع در دمای حداقل بین 4 تا

- 1- Intersected-lines Model
- 2- Five-Parameters Beta Model
- 3- Dent-like Model
- 4- *Papaver somniferum* L.
- 5- *Triticum aestivum* L.
- 6- Quadratic Polynomial Model
- 7- *Cicer arietinum* L.

- 8- *Polygonum aviculare* L.
- 9- *Sonchus oleraceus* L.
- 10- *Lolium perenne* TAYA
- 11- *Festucarubra* MAXIMA
- 12- *Poapratensis*

در هر 4 گونه مورد مطالعه در دماهای پایین با افزایش دما درصد جوانه زنی افزایش یافته اما در دماهای بالا کاهش یافته به گونه‌ای که در گونه‌های چچم دائمی، هفت بند و شیر تیغی در دمای 45 درجه سانتیگراد و در گونه فتان قرمز در 40 درجه سانتیگراد متوقف شد. بیشینه جوانه‌زنی بذر در چچم دائمی، فتان قرمز و شیر تیغی در دمای 15 درجه سانتیگراد و در هفت بند در دمای 20 درجه سانتیگراد به دست آمد (جدول 2). گزارشات متعددی حاکی از اثر افزایشی دما تا نقطه‌ای خاص بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور می‌باشد (6 و 30).

برای کمی سازی واکنش سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما از مدل‌های دو تکه‌ای (خطوط متقاطع) دندان مانند و چند جمله‌ای درجه دو استفاده گردید. مقادیر معیارهای مورد نظر برای مقایسه مدل‌های مختلف به منظور انتخاب مدل برتر برای توصیف سرعت جوانه‌زنی بذور مختلف نسبت به دما در جدول 3 ارائه شده‌اند. با توجه به این معیارها به منظور توصیف سرعت جوانه‌زنی نسبت به دما از مدل برتر برای هر گیاه جهت تعیین دمای کاردینال جوانه‌زنی استفاده گردید. بهترین مدل بخش بزرگتری از تغییرات را توجیه کرده و جذر میانگین مربعات خطا کوچکتری دارد (1 و 33).

با توجه به جدول 3 مدل خطوط متقاطع در گونه‌های چچم دائمی، فتان قرمز و شیر تیغی و مدل دندان مانند در هفت بند جذر میانگین مربعات خطا کوچکتری داشتند و بخش بزرگتری از تغییرات را توجیه کردند که نشان دهنده برتری این مدل‌ها در تخمین جوانه‌زنی این گونه‌ها بود. بنابراین مدل خطوط متقاطع در گونه‌های چچم دائمی، فتان قرمز و شیر تیغی و مدل دندان مانند در هفت بند بهترین برازش را داشتند (جدول 3). در مدل‌های خطوط متقاطع تغییرات سرعت نسبی نمو به طور جداگانه برای دماهای کمتر و بیشتر از دمای بهینه ترسیم می‌شود. دمای بهینه از محل تقاطع دو خط رگرسیونی محاسبه شده و دمای پایه و بیشینه به ترتیب عرض از مبدا خط رگرسیونی در دماهای کمتر و بیشتر از دمای بهینه می‌باشند (24). گزارش شده مدل خطوط متقاطع برای علف‌های هرز باریک برگ در دمای 3 تا 38 درجه سانتیگراد بهترین مدل برای تخمین دماهای کاردینال است (11). کارزونی منفرد و همکاران (17) از مدل خطوط متقاطع برای تخمین دماهای کاردینال تاج خروس⁴ استفاده کردند. در مطالعات انجام شده روی علف‌های هرز دیگر نتایج متفاوتی به دست آمده است. برخی محققان مدل‌های دندان مانند را برای پیش‌بینی جوانه‌زنی از مک⁵، جودره⁶ و جو موشی⁷ مناسب دانسته‌اند (12). واکنش سرعت نمو (شامل سرعت جوانه‌زنی) اکثر

RS: سرعت جوانه زنی (تعداد بذر در روز)، Si: تعداد بذر جوانه زده در هر شمارش و Di: تعداد بذر تا شمارش n ام جهت تعیین دماهای کاردینال (پایه، مطلوب و بیشینه) از مدل‌های رگرسیون غیر خطی بین سرعت جوانه‌زنی و دماهای مختلف استفاده شد که در آنها دما به عنوان متغیر مستقل (محور X) و سرعت جوانه‌زنی به عنوان متغیر وابسته (محور Y) در نظر گرفته شده بود (10، 11 و 13).

مدل دو تکه‌ای (خطوط متقاطع) با استفاده از معادلات زیر (25)

$$f = \text{if}(T < T_0, \text{region 1}(T), \text{region 2}(T)) \quad (2)$$

$$\text{Region 1}(T) = b(T - T_b) \quad (3)$$

$$\text{Region 2}(T) = c(T_m - T) \quad (4)$$

مدل دندان مانند با استفاده از معادلات زیر (32)

$$f(t) = \frac{(T - T_b)}{T_{o1} - T_b} \quad T_b < T \leq T_{o1} \quad (5)$$

$$f(t) = \frac{(T_c - T)}{(T_c - T_{o2})} \quad T_{o2} < T \leq T_c \quad (6)$$

$$F(t) = 1 \quad T_{o1} < T \leq T_{o2}$$

$$F(t) = 0 \quad T_c < T \text{ or } T \geq T_c$$

مدل چند جمله‌ای درجه 2 با استفاده از معادلات زیر

$$+ cT^2f = a + bT \quad (7)$$

$$T_0 = b + 2cT$$

تعیین گردیدند. در تمامی معادلات ذکر شده f: سرعت جوانه

زنی، T_0 ، T_b و T_m به ترتیب دماهای پایه، مطلوب و بیشینه و همچنین a و b به عنوان ضرایب رگرسیون در نظر گرفته شدند. برای اعتبار سنجی مدل از تحلیل نمودار باقیمانده² و ضریب تبیین³ (معادله 8) استفاده شد.

$$\frac{\sum(O_i - P_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O})^2} R^2_{adj} = 1 - \quad (8)$$

که در این معادله O_i و P_i به ترتیب مقادیر اندازه گیری شده و پیش بینی شده و \bar{O} میانگین مشاهدات می‌باشد. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 آنالیز و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد انجام شد. برای تبدیل داده‌ها بر حسب درصد از $\arcsin\sqrt{x/100}$ و برای برازش مدل‌ها از نرم‌افزار Sigmaplot ver 11 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیانگر آن است که درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در سطح یک درصد تحت تاثیر دما قرار گرفتند (جدول 1). این نتایج با نتایج سایر محققان همخوانی دارد (21 و 20).

4- *Amaranthus retroflexus* L.

5- *Cardaria draba* L.

6- *Hordeum spontaneum* Koch.

7- *H. murinum* L.

1- Quadratic Polynomial Model

2- Residuals Graph

3- R2 adjusted

نسبی نمو می‌گردد و سرانجام در دمای بیشینه سرعت نسبی نمو مجدداً به صفر می‌رسد و در دماهای بالاتر نیز صفر خواهد بود (27 و 26). چنانچه دماهای بهینه زیرین و زبرین به هم خیلی نزدیک یا برابر باشند تابع دندان مانند به صورت دو تکه‌ای در می‌آید. این نتایج نشان می‌دهد که قابلیت پیش بینی جوانه‌زنی و سبز شدن توسط مدل‌ها در گونه‌های مختلف، متفاوت است.

گیاهان به دما را می‌توان با استفاده از یک تابع دندان مانند توصیف کرد (27). بر اساس این تابع سرعت نسبی نمو در یک دمایی و کمتر از آن صفر می‌باشد. با افزایش دما از این مقدار سرعت نسبی نمو افزایش می‌یابد و در دمای زیرین بهینه به بیشینه می‌رسد. با افزایش بیشتر دما تا رسیدن به دمای بهینه زیرین سرعت نسبی نمو ثابت است. افزایش دما در فراتر از این حد مجدداً باعث کاهش سرعت

جدول 1- میانگین مربعات درصد و سرعت جوانه‌زنی چچم دائمی، فتان قرمز، هفت بند و شیرتیگی تحت تاثیر دماهای مختلف

Table 1-Mean squares of seedgermination percentage and germination rate of perenial rygrass, Fescue, Prostrate knotweed and Annual sowthistle under different temperatures

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	Mean of squares میانگین مربعات							
		Germination percentage درصد جوانه‌زنی				Germination rate سرعت جوانه‌زنی			
		چچم دائمی Perenial rygrass	فتان قرمز Fescue	هفت بند Prostrate knotweed	شیر تیگی Annual sowthistle	چچم دائمی Perenial rygrass	فتان قرمز Fescue	هفت بند Prostrate knotweed	شیر تیگی Annual sowthistle
دما Temperature	df	63869.62**	5476.27**	3106.48**	4519.85**	0.3217**	0.238**	0.1410**	0.1995**
خطا Error	9	12.291	2.63	12.0	6.008	0.0005	0.0513	0.0005	0.0002
C.V	30	7.64	4.08	14.02	7.71	7.55	6.54	13.26	7.19

** : معنی دار در سطح احتمال یک درصد

** : Significant at %1 level of probability

جدول 2- مقایسه میانگین درصد جوانه‌زنی چچم دائمی، فتان قرمز، هفت بند و شیرتیگی تحت تاثیر دماهای مختلف

Table 2-Mean comparison of seedgermination percentage of perenial rygrass, Fescue, Prostrate knotweed and Annual sowthistle under different temperatures

دما Temperature °C	درصد جوانه‌زنی Germination percentage			
	چچم دائمی Perenial rygrass,	فتان قرمز Red Fescue	هفت بند Prostrate knotweed	شیر تیگی Annual sowthistle
	2	3.5	15.25	2.75
5	23.25	38.0	12.25	19.5
10	68.0	64.72	44.0	64.5
15	98.5	98.5	61.5	77.5
20	98.75	88.0	64.5	74.25
25	91.75	64.75	55.0	63.75
30	63.5	24.5	5.25	11.0
35	11.25	3.75	1.25	2.5
40	1.25	0	0.5	1.0
45	0	0	0	0
LSD	5.06	0.78	1.67	1.18

دائمی به ترتیب 4/12، 3/17 و 4/22 درجه سانتیگراد بود. دمای مطلوب برآورد شده در چچم دائمی توسط دو مدل خطوط متقاطع و چند جمله‌ای درجه 2 به ترتیب 26/66 و 24/22 درجه سانتیگراد و توسط مدل دندان مانند 25/60-25/14 درجه سانتیگراد بود. دمای بیشینه برآورد شده در چچم دائمی 43/27، 43/38 و 43/91 درجه

در جدول 3 مقادیر برآورد شده دماهای کاردینال توسط سه مدل در گونه‌های چچم دائمی، فتان قرمز، شیرتیگی و هفت بند آورده شده است. رابطه سرعت جوانه‌زنی و دما در گونه‌های مورد بررسی در شکل‌های 1 تا 4 نشان داده شده است. دمای پایه برآورد شده توسط مدل‌های خطوط متقاطع، دندان مانند و چند جمله‌ای درجه 2 در چچم

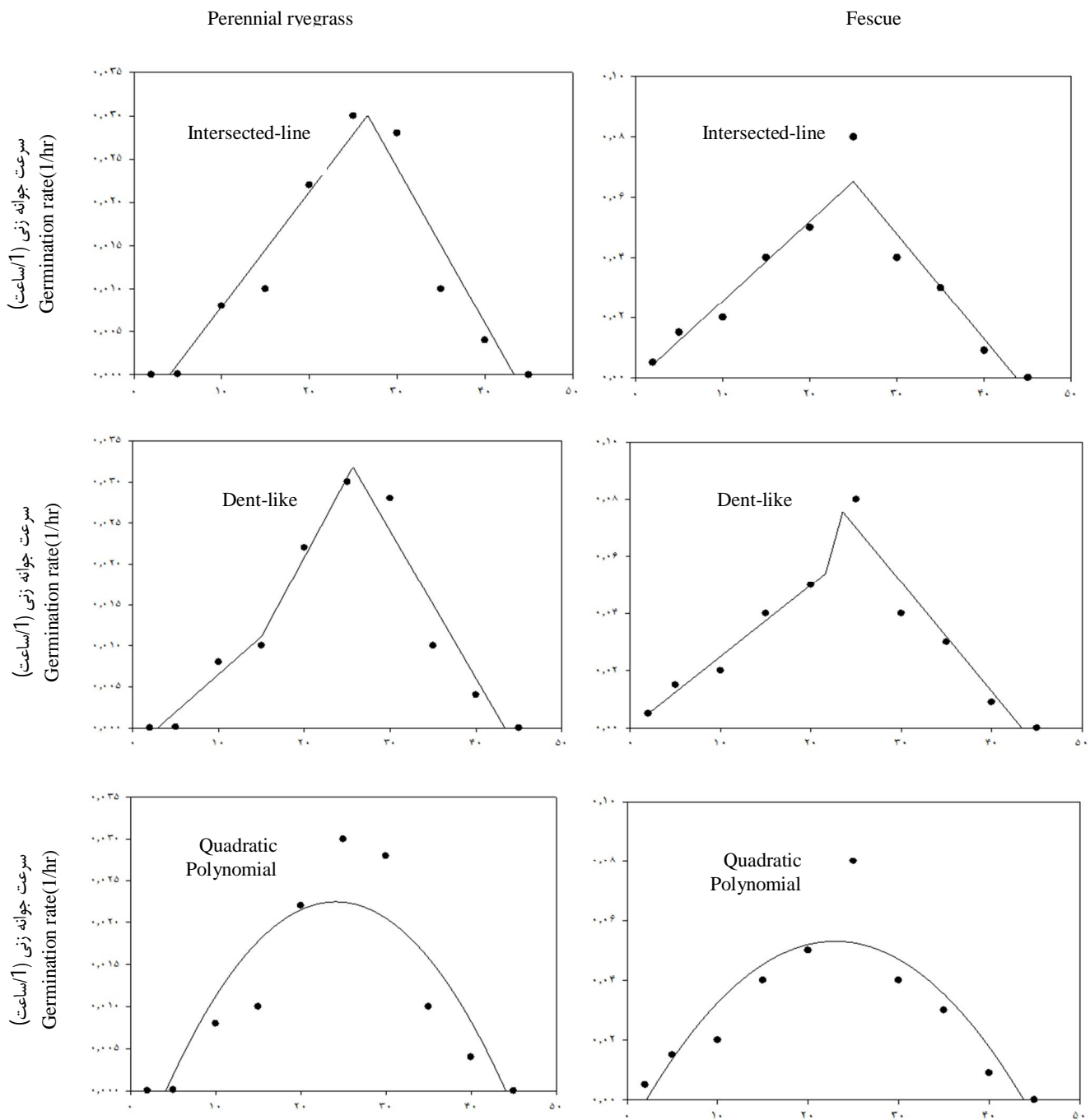
حداکثر جوانه‌زنی در چچم دائمی در مقایسه با فتان قرمز در دمای بالاتری اتفاق می‌افتد.

دمای پایه در هفت بند توسط مدل‌های خطوط متقاطع، دندان مانند و چند جمله‌ای درجه 2/23 و 2/95، 2/۲، ۸۵ درجه برای هفت بند توسط ترتیب برآورد شد. دمای پایه گزارش شده برای هفت بند توسط باسکین و باسکین (8) 5 درجه سانتیگراد است که با این نتایج مطابقت ندارد که این تفاوت احتمالا به دلیل شرایط متفاوت آزمایش و یا تفاوت‌های اکوتیپی می‌باشد. دماهای 19/95 و 22/08 درجه سانتیگراد به ترتیب دماهای مطلوب برآورد شده توسط دو مدل خطوط متقاطع و چند جمله‌ای درجه 2 بودند و دماهای 19/94-22/21 درجه سانتیگراد دماهای مطلوب برآورد شده توسط مدل دندان مانند بود. دمای بیشینه هفت بند نیز 42/85، 44/97 و 42/68 به ترتیب توسط سه مدل خطوط متقاطع، دندان مانند و چند جمله‌ای درجه 2 برآورد شد (جدول 3 و شکل 2).

سانتیگراد توسط سه مدل خطوط متقاطع، دندان مانند و چند جمله‌ای درجه بود (جدول 3 و شکل 1). دمای مطلوب برآورد شده توسط مدل برتر در این تحقیق با یافته‌های شن و همکاران (23) مطابقت دارد. معادلات خط مدل‌های رگرسیونی در جدول 4 آورده شده است. دماهای 2/، 2/31 و 2/11 درجه سانتیگراد به ترتیب دمای پایه برآورد شده توسط مدل‌های خطوط متقاطع، دندان مانند و چند جمله‌ای درجه 2 در فتان قرمز بودند (جدول 3). دمای مطلوب برآورد شده در فتان قرمز توسط دو مدل خطوط متقاطع و چند جمله‌ای درجه 24/86 و 22/85 درجه سانتیگراد و توسط مدل دندان مانند 23/49 تا 24/96 درجه سانتیگراد بود. دمای بیشینه برآورد شده توسط سه مدل خطوط متقاطع، دندان مانند و چند جمله‌ای درجه به ترتیب 43/48، 43/17 و 43/70 درجه سانتیگراد بود (شکل 2). با توجه به مدل برتر (خطوط متقاطع) دمای پایه فتان قرمز از چچم دائمی کمتر بود که نشان داد فتان قرمز زودتر از چچم دائمی جوانه می‌زند. همچنین

جدول 3-درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی بر اساس سه مدل رگرسیون غیر خطی
Table3-Cardinal temperature based on three non-linear regression models

دما سانتی گراد Temperature	مدل خطوط متقاطع Intersected-lines Model				مدل دندان مانند Dent-like Model				چند جمله ای درجه 2 Quadratic Polynomial Model			
	چچم دائمی Perennial ryegrass	فتان قرمز Red Fescue	هفت بند Prostrate knotweed	شیر تیغی Annual sowthistle	چچم دائمی Perennial ryegrass	فتان قرمز Red Fescue	هفت بند Prostrate knotweed	شیر تیغی Annual sowthistle	چچم دائمی Perennial ryegrass	فتان قرمز Red Fescue	هفت بند Prostrate knotweed	شیر تیغی Annual sowthistle
پایه Base	4.12	2.0	2.85	2.0	3.17	2.31	2.95	3.05	4.22	2.11	2.23	2.0
مطلوب Optimum	26.66	24.86	19.95	17.77	-	-	-	-	24.22	22.85	22.08	22.21
مطلوب فوقانی مطلوب	-	-	-	-	25.60	24.96	22.21	18.29	-	-	-	-
تحتانی بیشینه	-	-	-	-	25.14	23.49	19.94	18.05	-	-	-	-
Maximum R ²	0.89	0.89	0.87	0.94	0.88	0.86	0.90	0.95	0.70	0.72	0.67	0.75
adj جذر میانگین مربعات خطا RMSE	0.003	0.008	0.0007	0.0005	0.003	0.008	0.0006	0.001	0.006	0.014	0.001	0.001



شکل 1- تاثیر دماهای مختلف بر سرعت جوانه زنی چچم دائمی و فتان قرمزبر اساس برآزش سه مدل خطوط متقاطع، دندان مانند و چند جمله ای درجه دوم

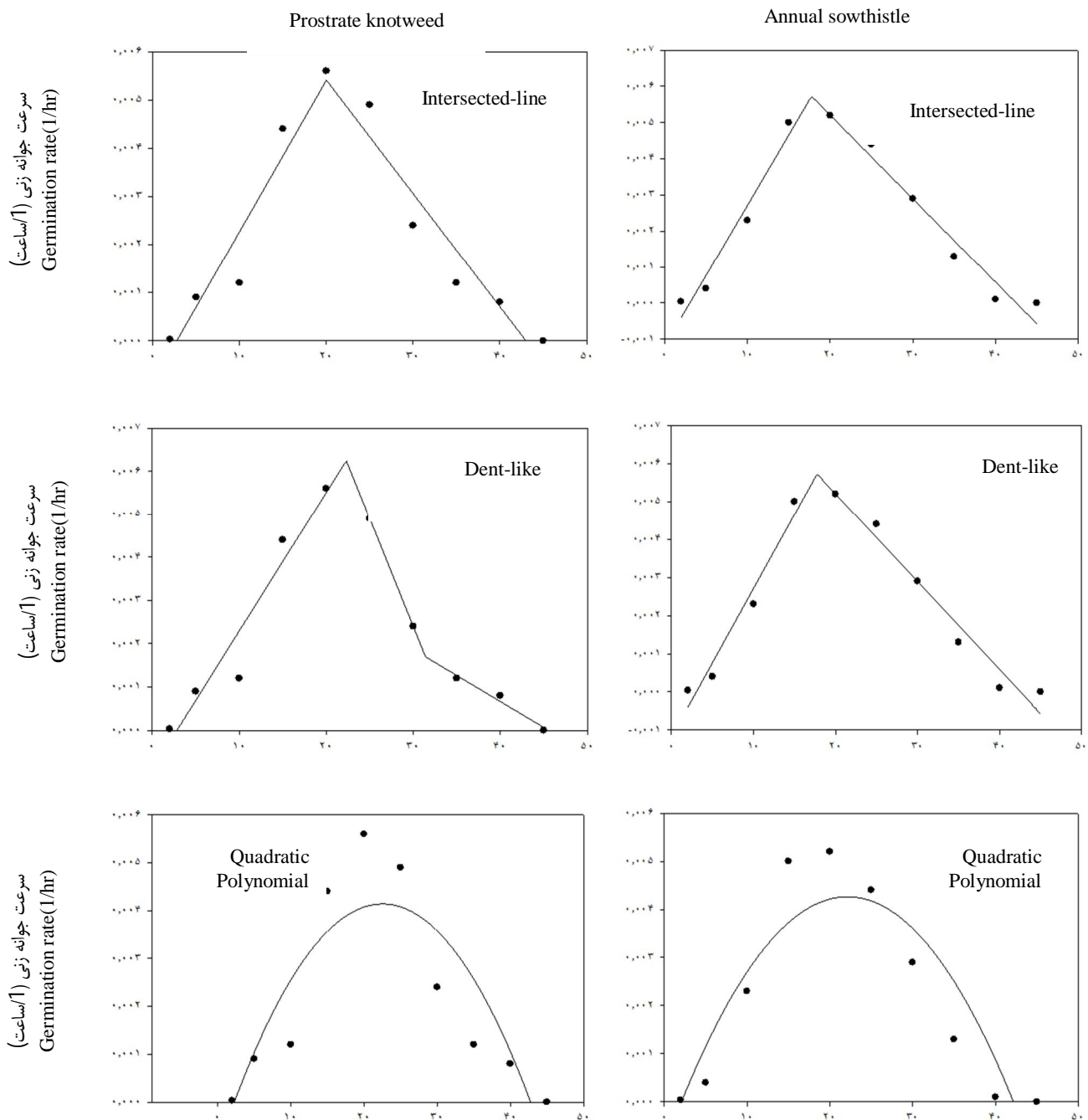
Figure 1- Predicted (lines) germination rate of Perennial ryegrass and Fescue at different constant temperatures using by Intersected-line, Dent-like and Quadratic Polynomial models

جدول 4 - معادلات خط مدل‌های رگرسیونی
Table 4- Equations of regression models

گونه Species	مدل Model		
	مدل خطوط متقاطع Intersected-lines Model	مدل دندان مانند Dent-like Model	چند جمله ای درجه Quadratic Polynomial 2 Model
چچم دائمی Perennial ryegrass	Region1 (t)= (-0.0028(26.6291-t)+0.0301(t-min t))/(26.6291- min t) Region2 (t)= (0.0301(max t-t)-0.003(t-26.62))/(max t-26.6291)	Region 1 (t)= (-0.0008(15-t)+0.0111(t-min t))/(15- min t) Region 2 (t)= (0.0111(25.6464-t)+0.318(t-15))/(25.6464-15) Region 3 (t)= (0.0318(max t-t)-0.003(t-25.6464))/(max t-25.6464)	Y=-0.0103+0.0027x-0.00056329x ²
فتان قرمز Red Fescue	Region1 (t)=(0.0042(25-t)+0.0652(t-min t))/(25-min t) Region2 (t)= (0.0652max t-t)-0.0047(t-25))/(max t-25)	Region1 (t)= (0.005(21.5971-t)+0.054(t-min t))/(21.5971-min t) Region 2 (t)=0.054(23.5134-t)+0.0757(t-21.5971))/(23.5134-21.5971) Region 3 (t)= (0.0757(max t-t)-0.0064(t-23.5134))/(max t-23.5134)	Y=-0.0114+0.0056x-0.0001x ²
هفت بند Prostrate knotweed	Region 1 (t)= (-0.0002(20-t)+0.0054(t-min t))/(20- min t) Region 2 (t)= 0.0054(max t-t)- 0.0005(t-20))/(max t -20)	Region 1 (t)= (-0.0003(22.3070-t)+ 0.0062(t-min t))/(22.3070- min t) Region 2 (t)= 0.0062(31.4035-t)+ 0.0017 (t-22.3070))/(31.4035-22.3070) Region3 (t)= 0.0017(max t-t)+0.0006666(t-31.4035))/(max t - 31.4035)	Y=-0.001+0.0005x-0.00010103x ²
شیر تیغی Annual sowthistle	Region 1 (t)= (-0.0004(17.7479-t)+0.0057(t-min t))/(17.7479- min t) Region 2 (t)= (0.0057 (max t-t)-0.0006(t-17.7479))/(max t-17.7479)	Region 1 (t)= (-0.0004(42.1874-t)+0.0059(t-min t))/(42.1874- min t) Region 2 (t)= 0.0059(42.1874-t)-0.0005(t-18.2184))/(42.1874-18.2184) Region 3 (t)= -0.0005(max t-t)+(0.0005228(t-42.1874))/(max t-42.1874)	Y=-0.0009+0.0005x-0.00010601x ²

(جدول 3 و شکل 2). مقادیر خطای باقیمانده سرعت جوانه زنی شیر تیغی و هفت بند در شکل 4 نشان داده شده است. در همه گونه‌های مورد بررسی سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما بعد از دمای مطلوب کاهش یافت (شکل‌های 1 و 2). انعقاد پروتئین و اختلال در کار غشاها از جمله عواملی هستند که باعث کاهش سرعت جوانه زنی بذرها در دماهای بالاتر از دمای مطلوب می‌شوند (5). تیگرسون و همکاران (31) نیز کاهش کارایی متابولیکی بذرها را از دیگر عوامل کاهش سرعت جوانه‌زنی در دماهای بالاتر از دمای مطلوب گزارش کردند.

دمای پایه برآورد شده در شیر تیغی به ترتیب 2/، 3/05 و 2/0 درجه سانتیگراد توسط مدل‌های خطوط متقاطع، دندان مانند و چند جمله‌ای درجه 2 بود. دمای مطلوب توسط دو مدل خطوط متقاطع و چند جمله‌ای درجه 2 در شیر تیغی به ترتیب 17/77 و 22/21 درجه سانتیگراد برآورد شد و توسط مدل دندان مانند 18/05-18/29 درجه سانتیگراد بود بنابراین حداکثر جوانه‌زنی این علف هرز نسبت به دو گونه چمن مورد مطالعه در دمای پایین‌تری اتفاق می‌افتد. دماهای 40/41، 44/86 و 42/11 به ترتیب دماهای بیشینه برآورد شده توسط مدل‌های خطوط متقاطع، دندان مانند و چند جمله‌ای درجه 2 بودند



شکل 2- تاثیردهماهای مختلف بر سرعت جوانه زنی شیرتیغی و هفت بند بر اساس برازش سه مدل خطوط متقاطع، دندان مانند و چندجمله‌ای درجه دوم

Figure 2- Predicted (lines) germination rate of Prostrate knotweed and Annual sowthistle at different constant temperatures using by Intersected-line, Dent-like and Quadratic Polynomial models

نتیجه گیری کلی

چچم دائمی و فتان قرمز و علف های هرز هفت بند و شیر تیغی را پیش بینی نمود. در بین مدل های رگرسیون غیر خطی مدل خطوط متقاطع در گونه های چچم دائمی، فتان قرمز و شیر تیغی و مدل دندان مانند در گونه هفت بند به خوبی سرعت جوانه زنی را نسبت به

نتایج این تحقیق نشان داد که با استفاده از مدل های رگرسیون غیر خطی می توان جوانه زنی و سبز شدن دو گونه چمن سردسیری

این سه گونه در انواع چمن، متغیر است. نتایج این تحقیق پیشنهاد می‌کند که استفاده از چمن‌های اسپورتی که دارای نسبت بالاتری بذر گونه فتان قرمز می‌باشند موجب می‌شود چمن بتواند سریعتر از گونه‌های هفت بند و شیرتیغی مستقر شده و در رقابت پیروز باشد. هفت بند به صورت خوابیده رشد می‌کند که باعث می‌شود کنترل آن از طریق موور نیز غیر ممکن باشد. جهت مدیریت این دو علف هرز در چمن می‌توان از علف‌کش‌های پیش‌رویشی نیز استفاده کرد. موفقیت در استفاده از این علف‌کش‌ها نیازمند آگاهی داشتن از زمان جوانه‌زنی علف‌های هرز است. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان کارایی مدیریت علف‌های هرز را در چمن بهبود بخشید.

دما توصیف نمودند و با توجه به کمترین جذر میانگین مربعات خطا و بیشترین ضریب تبیین بهترین برازش را برای جوانه‌زنی و سبز شدن بذور مورد بررسی نشان دادند. بنابراین از این مدل‌ها می‌توان در پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی استفاده کرد. آگاهی داشتن از زمان جوانه‌زنی علف‌های هرز بسیار مهم است زیرا مرحله آغازین رقابت گیاه زراعی و علف هرز است. بررسی دماهای کاردینال نشان داد که گونه چمن فتان قرمز به علت پایین‌تر بودن دمای پایه نسبت به گونه چمن چچم دائمی و علف‌های هرز هفت بند و شیر تیغی زودتر جوانه می‌زند. چمن سردسیری کاشته شده در تهران چمن اسپورت است که ترکیبی از سه گونه چچم دائمی، فتان قرمز و پوا می‌باشد که نسبت

منابع

- 1- Ajam Norouzi H., Soltani A., Majidi E., and Homaei M. 2007. Modeling response of emergence to temperature in faba bean under field condition. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 14(4): 100-111.
- 2- Akram-Ghaderi F. 2008. The study of seed quality development, germination, longevity and deterioration in some medicinal plants: medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo. Convar.var. styriaca*), cumin blank (*Nigella sativa L.*) and borago (*Borago officinalis L.*). Ph.D. Thesis, Gorgan. Univer. Agric. Sci. Natur. Resour. 180p. (in Persian)
- 3- Amiri Nasab K., Ghasemnezhad M., Zakizadeh H. and Biglouei M.H. 2013. The Application of drought preconditioning is a method to increase deficit irrigation tolerance in two turfgrass species, tall Fescue (*Festuca arundinacea*) and creeping bentgrass (*Agrostis stolonifera*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 47(2):132- 138. (in Persian with English abstract)
- 4- Anderson R.L. and Nielsen D.C. 1996. Emergence pattern of five weeds in the Central Great Plains. *Weed Technology*, 10:744-749.
- 5- Balbaki R.Z., Zurayk R.A., Blek M.M., and Tahouk S.N. 1999. Germination and seedling development of drought tolerant and susceptible wheat under moisture stress. *Seed Science Technology*, 27: 291-302.
- 6- Bannayan M., Nadjafi F., Rastgoo M. and Tabrizi L. 2006. Germination properties of some wild medicinal plants from Iran. *Journal of Seed Technology*, 28: 80-86.
- 7- Barbosa O., Tratalos J.A., Armsworth P.R., Davies R.G., Fuller R.A., Johnson P., and Gaston, K.J. 2007. Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK Olga Barbosa. *Landscape and Urban Planning*, 83:187-195.
- 8- Baskin J.M., and Baskin C.C. 1990. The role of light and alternating temperatures on germination of *Polygonum aviculare* seeds exhumed on various dates. *Weed Research*, 30:397-402.
- 9- Buhler D.D., Liebman M., and Obrycki, J. J. 2000. Theoretical and practice challenges to an IPM approach to weed management. *Weed Science*, 48:274-280.
- 10- Garcia-huidobro J., Monteith J.L., and Squire G.R. 1982. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum thypoides S. and H.*) I. Constant temperature. *Journal of Experimental Botany*, 33: 288-296.
- 11- Hardegree S. 2006. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal temperature models and subpopulationspecific regression. *Annals of Botany*, 97: 1115- 1125.
- 12- Hoseini M., Mojab M., and Zamani Gh. 2012. Evaluation wild barley (*Hordeum spontaneum Koch.*) barley grass (*H.murinum L.*) and hoary cress (*Cardaria draba L.*) germination in different temperatures. p. 108. In proceeding 4th Iranian Weed Science Congress, 6-7 February, 2004. Ahvaz, Iran.
- 13- Jame Y.W., and Cutforth H.W. 2004. Simulating the effects of temperature and seeding depth on germination and emergence of spring wheat. *Agricultural and Forest Meteorology*, 124: 207-218.
- 14- Jeffrey D.W., Timothy C.M., and John T.R. 1987. Solution volume and seed number: Often overlooked factors in allelopathic bioassays. *Journal of Chemical Ecology*, 13: 1424-1426.
- 15- Kamkar B., Ahmadi M., Soltani A., and Zeinali E. 2008. Evaluating non-linear regression models to describe response of wheat emergence rate to temperature. *Seed Science Technology*, 2: 53-57.
- 16- Kamkar B., Jami Al-Ahmadi M., and Mahdavi-Damghani A. 2011. Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum L.*) seeds germinate using non-linear regression models. *Indian Crop Production*, 35: 192-198.

- 17- Kazeruni monfared A., Rezvani Moghadam P., Nasiri Mahalati, M. and Tokasi S., 2012. Investigation on the cardinal temperatures for germination of *Solanum nigrum*. p. 122. In proceeding of 4th Iranian Weed Science Congress, 6-7 February. 2004, Ahvaz, Iran.
- 18- Khavari H., Goldani M., Khajehossaini M. and Shour M. 2016. Determination of Cardinal Temperatures and Germination Respond to Different Temperature for Five Lawns Cultivars. Journal of Horticultural Science, 30 :643-649 . (in Persian)
- 19- Maguire J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2: 176-177.
- 20- Nerson H. 2007. Seed production and germinability of cucurbit crops. Seed Science Biotechnology, 1: 1-10.
- 21- Page E.R., Gallagher R.S., Kemanian A.R., Zhang H., and Fuerst E.P. 2006. Modeling site-specific wild oat (*Avena fatua*) emergence across a variable landscape. Weed Science, 54:838-846.
- 22- Shafii B., and Price W.J. 2001. Estimation of cardinal temperatures in germination data analysis. Journal of Agriculture Biology Environment Statistics, 6: 356-366.
- 23- Shen J.B., Xu L.Y., Jin X.Q., Chen J.H. and Lu H.F. 2008. Effect of temperature regime on germination of seed of Perennial ryegrass (*Lolium perenne*). Grass and Forage Science, 63:249-256.
- 24- Soltani A., Zeinali E., Galeshi S., and Latifi N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the caspian sea coast of Iran. Seed Science Technology, 29: 653-662.
- 25- Soltani A., Robertson M.J., Torabi B., Yousefi-Daz M., and Sarparast R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agriculture Forest Meteorology, 138: 156-167.
- 26- Soltani E., Akram-Ghaderi F., and Soltani A. 2008a. Applications of germination modeling on the response to temperature and water potential in seed Science Research. 1st National Conference of Seed Sciences and Technology in Iran. Gorgan, Iran. 445p.
- 27- Soltani A., Ghaderi-Far F., and Soltani E. 2008b. Application of germination in response to temperature and water potential in seed Science Research the 1st National Conference Sciences and Technology of seeds. 12-13 November. 2008. Gorgan, Iran,
- 28- Soltani A., and Maddah V. 2010. Simple Applied Programs for Education and research in Agronomy. Issa Press, Iran. 80p.
- 29- Steinmaus S.J., Prather T.S., and Holt J.S. 2000. Estimation of base temperature for nine weed species. Journal of Experimental Botany, 51: 275-286.
- 30- Tabrizi L., Nasiri Mahallati M., and Koocheki A. 2004. Investigation on the cardinal temperature for germination on *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. Journal of Iranian Field Crops Research. 2: 143-150.
- 31- Thygerson T., Harris, J.M., Smith B.N., Hansen L.D., Pendleton R.L., and Booth D.T. 2002. Metabolic response to temperature for six populations of winter fat (*Eurotia lanata*). Thermochemica Acta, 394: 211-217.
- 32- Torabi B., 2004. Prediction of physiological development stages in chickpea. MS.c. Thesis. Gorgan University, Gorgan, Iran.
- 33- Yousefi-Daz M., Soltani A., ghaderi-far F., and Sarparast R., 2006. Evaluation of non-linear regression models to describe response of emergence rate to temperature in chickpea. Agriculture. Science and Technology, 20: 93-102.
- 34- Zeinali E., Soltani A., Galeshi S., and Sadati S.J. 2010. Cardinal temperatures, response to temperature and range of thermal tolerance for seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Journal of Plant Production, 3(3): 23-42.



Determination of Cardinal Temperatures for Cool Season Turfgrass and Two Common Weed Species

M. Diyanat^{1*}

Received: 23-11-2016

Accepted: 06-09-2017

Introduction: The presence of broadleaf weeds not only reduces the aesthetic quality of the turfgrass, but more importantly they compete with desired turfgrass for water, nutrients, and light. Weed management after seeding is an important component to successfully establishing a healthy stand of cool season turfgrass. Weed seed germination is a key process because determines both the number of weeds that could potentially emerge and the timing of their appearance in the turfgrass. Temperature is of the most important factor regulating germination of non-dormant seeds in irrigated, annual agroecosystems at the beginning of the growth season where light, nutrients, and moisture are typically not growth limiting. Also prostrate knotweed (*Polygonum aviculare* L.) and annual sowthistle (*Sonchus oleraceus* L.) are two annual common broad leaf weeds in cool season turfgrass. Prostrate knotweed is very competitive in infertile and compacted soils and often invades turfgrasses along driveways, sidewalks, and beaten paths across lawns. Annual sowthistle is found in open habitats that include waste areas, turf, and roadsides. The aim of this study was to evaluate different nonlinear regression models to describe response of germination rate to different temperatures in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), fescue (*Festuca rubra* L.), prostrate knotweed and annual sowthistle.

Materials and Methods: This experiment was based on completely randomized design with 4 replications at Islamic Azad University in the laboratory of Science Research Branch in 2015. The seeds were treated with different temperatures (2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 and 45°C) Twenty five seeds were placed in each petri dish for each species in per replication. Ten milliliters of distilled water were added to each petri dish and the filter papers were regularly moistened to ensure saturation throughout the germination tests. Petri dishes were placed in germinator with 16 hour day, 8 hour night and 60% relative humidity. Seeds were considered germinated when the radicle protruded at least 2 mm from the seed coat. Germinated and rotted seeds were counted and discarded at 24 hour intervals until no germination had occurred over four consecutive days. The germination percentage was obtained by dividing the number of germinated seeds at any time by the total number of seeds germinated multiplied by 100. Data from this experiment were first subjected to analysis of variance and means of treatments were compared using the least significant difference at the 5% level of probability. The following nonlinear regression models were used to quantify the response of the germination rate to temperature and to determine cardinal temperatures.

Results and Discussion: The analysis of variance showed that temperature had a significant effect on all seed germination percentage and germination rates. Seed germination percentage and rate increased to a point with increasing the temperature. Germination model based on temperature can be used for the prediction of cardinal temperatures. Cardinal temperatures are required because a portion of the crop model is developed for prediction of the timing of germination. Non-linear regression models have been used to quantitatively describe development rate in many plants. Three regression models (Intersected-lines, Dent-like and Quadratic Polynomial) used to predict germination rate and cardinal temperature. Root mean square of error (RMSE) and R^2 adjusted were used to find the appropriate model(s). Intersected-lines model was superior compared to other models in perennial ryegrass, fescue and annual sowthistle and Dent-like model was superior for prostrate knotweed. It was concluded that this model can be used to quantify response of turfgrass and common weeds of turfgrass germination to temperature and to obtain cardinal temperature of germination. Also base, optimum and maximum temperatures were for perennial ryegrass 4.12, 24.66 and 43.27°C; fescue 2.0, 24.86 and 43.48°C ; Prostrate knotweed 2.95, 19.94-22.21 and 44.97°C and annual sowthistle 2.0, 17.77 and 44.86°C, respectively.

Conclusions: These results show that fescue germinated earliest among the studied species, because it had the lowest base temperature. In comparison to perennial ryegrass, using turfgrass seed with more fescue seed causes sooner turfgrass establishment and less weed competition. Because of their narrow leaves, young

1- Assistant Professor, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: mdianat@ut.ac.ir)

seedlings of prostrate knotweed grow upright and appear at first glance to be grass seedlings. With maturity, most plants grow prostrate, especially with traffic or mowing, so mechanical control of this species in turfgrass is impossible and it could be controlled with pre-emergence herbicide. Pre-emergence herbicides are applied prior to the germination of weeds; thus, predication of timing germination help us in decreasing prostrate knotweed competition with turfgrass and its proper management.

Keywords: Fescue, Germination rate, Perennial ryegrass, Regression models, Seed germination percentage