

پاسخ جوانه‌زنی دو گونه سوروف به دما و دوره نوری با تأکید بر قابلیت تهاجم در گونه تازه‌وارد

المیرا محمدوند^{۱*}، علیرضا کوچکی^۲، مهدی نصیری محلاتی^۳ و عباس شهدی کومله^۴

۱. استادیار، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۲ و ۳. استادان، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴. استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور-رشت

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۱۰)

چکیده

این تحقیق در راستای ارزیابی اثر دو عامل اکولوژیکی دما و دوره نوری بر جوانه‌زنی بذر گونه تازه‌وارد سوروف آبی (*Echinochloa oryzoides*) و مقایسه آن با گونه شایع (سوروف (*E. crus-galli*)) شالیزارهای استان گیلان و مشتمل بر دو آزمایش جداگانه بود. در آزمایش اول، بررسی پاسخ جوانه‌زنی دو گونه به دما (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) و تعیین دماهای کاردینال؛ و در آزمایش دوم، ارزیابی اثر دوره روشنایی/تاریکی (۰/۲۴، ۲۴/۰، ۲۴/۴، ۲۴/۸، ۱۶/۱۰، ۱۴/۱۲، ۱۲/۱۴، ۸/۱۶، ۴/۲۰ و ۰/۲۴ ساعت) در دو دمای ثابت ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بر جوانه‌زنی بذر این دو گونه مدنظر قرار گرفت. در هر دو گونه، بیشترین درصد نهایی جوانه‌زنی در دماهای ۲۵ تا ۳۰، بیشترین سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۰ و عدم جوانه‌زنی در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. سوروف نسبت به سوروف آبی واکنش بهتری به درجه حرارت‌های کم نشان داد. دمای پایه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی به ترتیب در سوروف ۹/۶، ۳۱ و ۴۵/۵ درجه سانتی‌گراد و در سوروف آبی ۱۰/۵، ۳۱/۴ و ۴۵/۶ درجه سانتی‌گراد بود. بررسی واکنش دو گونه به نور نشان داد که با وجود مقداری جوانه‌زنی در تاریکی کامل، افزایش ساعات نوری سبب تقویت جوانه‌زنی می‌شود؛ اگرچه ساعات‌های کم قرارگیری در معرض نور، تحریک بیشتر جوانه‌زنی در سوروف را به دنبال داشت. با افزایش درجه حرارت از ۲۵ به ۳۰ درجه سانتی‌گراد، به‌ویژه در سوروف، نیاز به نور تا حدی کاهش یافت. به‌طور کلی، گونه تازه‌وارد در مقایسه با گونه شایع، نیاز حرارتی بیشتر و حساسیت کمتری به قرارگیری در معرض نور نشان داد که در شرایط افزایش میانگین دما به‌ویژه در اوایل فصل رشد و نیز قرارگیری در اعماق بیشتر خاک، مزیت رقابتی برای این گونه محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دمای کاردینال، سوروف، سوروف ایرانی، نیاز جوانه‌زنی.

مقدمه

مدیریت تلفیقی علف‌های هرز باید بر درک عمیق جزئیات بیولوژی و اکولوژی علف‌هرز استوار باشد (Lu et al., 2006). افزایش اطلاعات درباره بیولوژی جوانه‌زنی علف‌های هرز، توسعه برنامه‌های کنترلی بهینه را تسهیل

خواهد کرد (Zhou et al., 2005). درک مناسب فرایندهایی که رکود و جوانه‌زنی بذر را تنظیم می‌کنند، در پایه‌گذاری و طراحی راهبردهای مدیریت مؤثر بذر طی گسترش آن مؤثر است (Klinken & Flack, 2005). افزون‌بر آن، نظر به اهمیت روزافزون ورود و گسترش

گونه را متوقف کرد. ۱۳ گونه نیز واکنشی به نور و تاریکی نشان ندادند (Baskin & Baskin, 1998).
 Milberg *et al.* (1996) ۴۴ گونه را که بیشترشان علف‌هرز مزارع بودند، ارزیابی کردند و دریافتند که در ۲۴ گونه با ۵ ثانیه قرار گرفتن در معرض نور، جوانه‌زنی بهبود یافت. در سایر گونه‌ها اثر مشخص و ثابتی مشاهده نشد. جوانه‌زنی بذرهای فتوبلاستیک توسط نور قرمز دور^۱ بازداشته می‌شود (Benech-Arnold *et al.*, 2000; Oliveira & Norsworthy, 2006). بنابراین دست‌ورزی نور محیط در شرایط مزرعه‌ای، ابزاری بالقوه در مدیریت جوانه‌زنی و کنترل بذرهای فتوبلاستیک به‌شمار می‌رود. جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز و زمان سبز شدن آنها تا حد زیادی تحت تأثیر درجه حرارت نیز قرار می‌گیرد (Steckel *et al.*, 2004). در نواحی معتدله، درجه حرارت احتمالاً مهم‌ترین عامل جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز است (Forcella, 1998)؛ اگرچه شاید حتی در بعضی گونه‌ها تعیین‌کننده‌تر از نور نیز باشد (Forcella, 1998; Oliveira & Norsworthy, 2006). جوانه‌زنی بهینه، در دامنه‌ای از درجات حرارتی رخ می‌دهد. اگرچه حدود نهایی (بالا و پایین) نیز وجود دارند که در آنها جوانه‌زنی رخ نمی‌دهد. تأثیرات متقابل درجه حرارت و نور (Leon & Owen, 2003) متضمن مفاهیم مهمی در عملیات کنترل علف‌های هرز به‌خصوص شخم است (Benech-Arnold *et al.*, 2000; Leon & Owen, 2003). برای مثال شخم را می‌توان زمانی که حساسیت به نور در بذر کم است، برای کاهش سبز شدن علف‌های هرز یا تحریک جوانه‌زنی علف‌های هرز چنانکه علف‌های هرز سبز شده قبل از کشت گیاه زراعی از بین بروند، انجام گیرد (Leon & Owen, 2003).

علف‌هرز سوروف آبی (سوروف برنج) [*Echinochloa oryzoides* (Ard) Fritsch Vasing] را اولین بار Yaghubi *et al.* (2006) در سال ۱۳۸۵ در شالیزارهای استان گیلان مشاهده و گزارش کردند. پس از آن در پی حصول اطلاعاتی مبنی بر روند روبه‌افزایش جمعیت آن در منطقه، مطالعه در زمینه بررسی ویژگی‌های بیولوژیکی و اکولوژیکی این گونه تازه‌وارد که در تعیین درجه سازگاری با شرایط محیطی منطقه و در نتیجه

گونه‌های جدید علف‌هرز، درک بهتر جوانه‌زنی که یکی از بحرانی‌ترین مراحل نمو گیاه و تعیین‌کننده موفقیت علف‌هرز در یک اگرواکوسیستم به‌شمار می‌رود (Chauhan *et al.*, 2006a, 2006b)، به‌عنوان اولین گام در جهت کسب آمادگی برای مقابله و کنترل علف‌های هرز مهاجم تازه‌وارد ضروری است. آگاهی از جوانه‌زنی این علف‌های هرز می‌تواند در تخمین پتانسیل این گونه‌ها برای توسعه در مناطق جدید، مفید واقع شود (Nandula *et al.*, 2006). توانایی جوانه‌زنی در دامنه وسیعی از شرایط محیطی یکی از خصوصیات علف‌های هرز مهاجم به‌شمار می‌رود (Luo & Cardina, 2012)؛ چنانکه در بررسی ۱۸ مطالعه مشخص شد که در ۷۰ درصد موارد، جوانه‌زنی گونه‌های مهاجم غیربومی در شرایط مختلف محیطی، بیشتر، سریع‌تر و موفق‌تر از گونه‌های مشابه بومی یا غیرمهاجم از همان جنس بوده است (Pysek & Richardson, 2007). بنابراین امکان گسترش و اشغال زیستگاه‌های جدید برای گونه‌هایی که بذرهایشان قادر به جوانه‌زنی در دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی باشند به مراتب بیشتر از گونه‌هایی است که تنها در شرایط خاصی قادر به جوانه‌زنی‌اند.

نور و درجه حرارت از عوامل مهم محدودکننده جوانه‌زنی بذرهای مهاجم به‌شمار می‌روند (Benvenuti *et al.*, 2001) و پاسخ علف‌های هرز به این علائم محیطی می‌تواند اطلاعات ضروری برای توسعه برنامه‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز را فراهم کند (McElroy *et al.*, 2004). علاوه بر آن، آگاهی از دمای جوانه‌زنی و نیازهای نوری، در تعیین شرایطی که احتمال جوانه‌زنی بذرهای مهاجم بیشتر است و خود، موفقیت گونه‌های بالقوه مهاجم را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اهمیت دارد. طول موج، شدت نور و دوره قرارگیری در معرض نور، اثر تعیین‌کننده‌ای بر رکود بذر دارند (Leon & Owen, 2003). در بسیاری از گونه‌ها قرار گرفتن در معرض نور، رکود را از بین می‌برد و جوانه‌زنی را تقویت می‌کند. در بعضی گونه‌ها، نور فقط برای شکستن رکود پس از دفن طولانی بذر نیاز است. در گونه‌های دیگر، قرار گرفتن در معرض نور از جوانه‌زنی جلوگیری می‌کند (Boyd & van Acker, 2004). در تحقیقی بر روی ۵۴ گونه علفی، مشخص شد که نور، جوانه‌زنی ۲۸ گونه را تقویت و ۱۳

1. Far red (FR)

که طول ریشه‌چه قابل مشاهده در آنها بیشتر از ۱ میلی‌متر بود، جوانه‌زده در نظر گرفته شدند. درصد نهایی جوانه‌زنی براساس تعداد کل بذرها در هر ظرف پتری محاسبه شد و قبل از تجزیه و تحلیل، تحت تبدیل زاویه‌ای قرار گرفت.

اثر دما

در این آزمایش، هشت تیمار دمایی (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) در قالب طرح کاملاً تصادفی با هشت تکرار در اتافک رشد با دوره نوری ۱۴ ساعت به صورت روزانه طی ۱۴ روز بررسی شد. سرعت جوانه‌زنی براساس عکس زمان لازم برای رسیدن به جوانه‌زنی ۵۰ درصد با استفاده از برازش مدل سیگموئیدی سه پارامتری به درصد نهایی جوانه‌زنی جمعی محاسبه شد (Adam et al., 2007; Ghanbari et al., 2006; Poortousi et al., 2009; Steckel et al., 2004; Tabrizi et al., 2008):

$$G = \frac{G_{\max}}{\left[1 + \exp\left(\frac{-(X - X_{50})}{G_{\text{rate}}}\right) \right]} \quad (1)$$

که در آن، G درصد جوانه‌زنی نهایی؛ G_{\max} حداکثر درصد جوانه‌زنی؛ X دما؛ X_{50} دمای مورد نیاز برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی؛ و G_{rate} شیب منحنی در ۵۰ درصد جوانه‌زنی نهایی است.

تعیین دماهای کاردینال (پایه، بهینه و بیشینه)، با برازش مدل رگرسیون خطی بین سرعت جوانه‌زنی و درجه حرارت‌های مختلف صورت گرفت (Phartyal et al., 2003; Roman et al., 1999; Summerfield et al., 1991):

$$f = B(T - T_b) \text{ if } T < T_0 \quad (2)$$

$$f = C(T_c - T) \text{ if } T > T_0 \quad (3)$$

$$T_0 = \frac{(a_2 - a_1)}{(b_1 - b_2)} \quad (4)$$

در این معادلات، f سرعت جوانه‌زنی ($1/t$)؛ T دما (درجه سانتی‌گراد)؛ T_b دمای پایه که در دمای کمتر از آن جوانه‌زنی مشاهده نمی‌شود؛ T_c دمای بیشینه که در دمای بالاتر از آن جوانه‌زنی مشاهده نمی‌شود؛ T_0 دمای بهینه؛ a_1 و a_2 به ترتیب عرض از مبدأ خط رگرسیون حاصل از معادله‌های ۲ و ۳؛ و b_1 و b_2 به ترتیب شیب

گسترش آن در شالیزارهای استان گیلان اثرگذار است، اهمیت یافت (Mohammadvand et al., 2011, 2012) و از آنجا که بررسی احتمال جایگزینی گونه غالب کنونی، سوروف (*E. crus-galli*)، توسط گونه جدید مورد نظر بود، چنانکه پیشتر در کالیفرنیا رخ داده است (Osuna et al., 2002)، بررسی‌ها بر روی هر دو گونه انجام گرفت. در این مقاله، نتایج مطالعات صورت گرفته درباره جوانه‌زنی دو گونه مذکور ارائه شده است. کسب اطلاعات درباره جوانه‌زنی و سبز شدن گونه تازه‌وارد در پیش‌بینی پتانسیل آن به منظور ورود به مناطق جدید و نیز توسعه اقدامات کنترلی جدید کمک خواهد کرد. در مورد گونه شایع این اطلاعات را می‌توان برای تشریح علت گسترش و مشکل‌ساز شدن این گونه در سطح وسیعی از شالیزارهای استان گیلان استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

دو مطالعه جداگانه برای بررسی اثر دما و نور بر جوانه‌زنی دو گونه سوروف در آزمایشگاه‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. بذرها استفاده شده، از بوته‌های دو گونه سوروف و سوروف آبی که به منظور تولید بذر در سال ۱۳۸۸ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور-رشت کشت شده بود، جمع‌آوری شدند. بذرها پس از جداسازی از پانیکول تا زمان اجرای آزمایش در یخچال و در دمای 4 ± 1 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. به منظور شکستن رکود احتمالی، خراش‌دهی بذرها با اسید سولفوریک ۹۷ درصد به مدت ۸ دقیقه قبل از اجرای آزمایش‌ها انجام گرفت (Vasilakoglou et al., 2000). پس از آن بذرها چندین بار آبکشی شدند و ۳ دقیقه در آب مقطر قرار گرفتند و پس از خشک‌شدن استفاده شدند. ۲۵ عدد از بذرها سالم سنگین و رسیده از هریک از دو گونه علف‌هرز به‌طور جداگانه درون ظروف پتری استریل‌شده حاوی یک لایه کاغذ صافی مرطوب قرار داده شد. بذرها به‌هنگام نیاز با افزودن آب مقطر به‌منظور اجتناب از تأثیرات تنش آب، مرطوب نگه داشته شدند. آب مقطر استفاده شده برای مرطوب‌سازی مجدد ظروف پتری، برای اطمینان از داشتن درجه حرارتی مشابه درجه حرارت تیمار مورد نظر، داخل اتافک رشد قرار داده شد. بذرهایی

متفاوت بود ($F=219.05$, $P<0.0001$, $df=1$) و تحت تأثیر افزایش درجه حرارت قرار گرفت ($F=577.80$, $P<0.0001$, $df=7$). همچنین دو گونه نسبت به تغییرات درجه حرارت به طور متفاوتی واکنش نشان دادند ($F=14.46$, $P<0.0001$, $df=7$). درجه حرارت با اثر بر رکود و سرعت جوانه زنی بذرها، درصد نهایی جوانه زنی را تحت تأثیر قرار می دهد (Bradford, 2002; Martinkova et al., 2006). پاسخ به درجه حرارت در گونه های یک جنس متفاوت است (Van Assche et al., 2003). وقوع جوانه زنی تحت شرایط خاص یا عدم وقوع جوانه زنی بیانگر سطح رکود بالا در توده بذر و جوانه زنی بالا تحت شرایط مختلف نمایانگر سطح رکود پایین در توده بذر است (Knapp, 2000). به طور کلی در هر دو گونه با افزایش دما تا ۲۵ درجه سانتی گراد جوانه زنی نهایی افزایش یافت و بیشترین مقدار در دامنه دمایی ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد مشاهده شد. پس از آن افزایش درجه حرارت سبب کاهش جوانه زنی شد و در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد، جوانه زنی مشاهده نشد. اگرچه روند پاسخ جوانه زنی به افزایش درجه حرارت در دو گونه متفاوت بود، در ۱۰ درجه سانتی گراد جوانه زنی در سوروف ۱۲/۵ درصد، ولی در سوروف آبی ۱/۲۵ درصد بود و با افزایش درجه حرارت به ۱۵ درجه سانتی گراد به ترتیب به ۷۶/۵ و ۳۰ درصد رسید. در سوروف آبی درصد نهایی جوانه زنی در دماهای ۲۰ و ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد فاقد تفاوت معنی دار بود و در دماهای بالاتر کاهش یافت؛ چنانکه در ۴۰ درجه سانتی گراد با ۲۶/۳ درصد کاهش نسبت به ۳۵ درجه سانتی گراد همراه بود. اما در سوروف بیشترین جوانه زنی در ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد مشاهده شد و در ۴۰ درجه سانتی گراد نسبت به ۳۵ درجه سانتی گراد ۲/۳ درصد کاهش نشان داد (شکل ۱، جدول ۱). جوانه زنی سوروف در دماهای بین ۱۰ تا ۴۰ درجه سانتی گراد اتفاق می افتد (Brod, 1968; Martinkova et al., 2006). حداکثر درصد جوانه زنی در سوروف را ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد و درجه حرارت بهینه جوانه زنی را براساس درصد جوانه زنی ۲۶/۷ و ۲۹/۴ درجه سانتی گراد گزارش کردند.

این خطوط هستند. برازش مدل های رگرسیونی در نرم افزار SigmaPlot, ver. 11 و تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از رویه مدل خطی عمومی^۱ در نرم افزار SAS, ver. 9.1 انجام گرفت.

اثر نور

در این آزمایش، جوانه زنی تحت نه تیمار دوره روشنایی/تاریکی (۲۴/۰، ۲۰/۴، ۱۶/۸، ۱۴/۱۰، ۱۲/۱۲، ۱۰/۱۴، ۸/۱۶ و ۴/۲۰ ساعت) در دو دمای ثابت ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی گراد بررسی شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در اتاقک رشد انجام گرفت. طی ساعت های تاریکی، ظروف پتری با دو لایه کاغذ آلومینیومی پوشانده شد و درون دو لایه پلاستیک سیاه قرار گرفت. در ساعت های روشنایی، ظروف پتری تنها درون دو لایه پلاستیک شفاف قرار داشتند. شمارش بذره های جوانه زده ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش آغاز شد و به صورت روزانه تا هفت روز ادامه یافت. در تیمار تاریکی کامل، شمارش روزانه بذرها در اتاق تاریک و در نور سبز انجام گرفت (Lu et al., 2006). با افزایش ساعات نوری، زمان لازم برای رسیدن به جوانه زنی ۵۰ درصد (برازش مدل سیگموئیدی (معادله ۱) تفاوت معنی داری نشان نداد (تجزیه داده ها با استفاده از رویه مدل خطی عمومی صورت گرفت؛ داده ها نشان داده نشده است)، از این رو برای محاسبه سرعت جوانه زنی تعداد بذره های جوانه زده در هر روز بر تعداد روزهای پس از شروع آزمایش تقسیم شده و مقادیر حاصل با یکدیگر جمع شد (Chung et al., 2001; Maguire, 1962). نمودار تغییرات درصد نهایی و سرعت جوانه زنی با افزایش ساعات نوری در نرم افزار SigmaPlot, ver. 11 و تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از رویه مدل خطی عمومی در نرم افزار SAS, ver. 9.1 انجام گرفت.

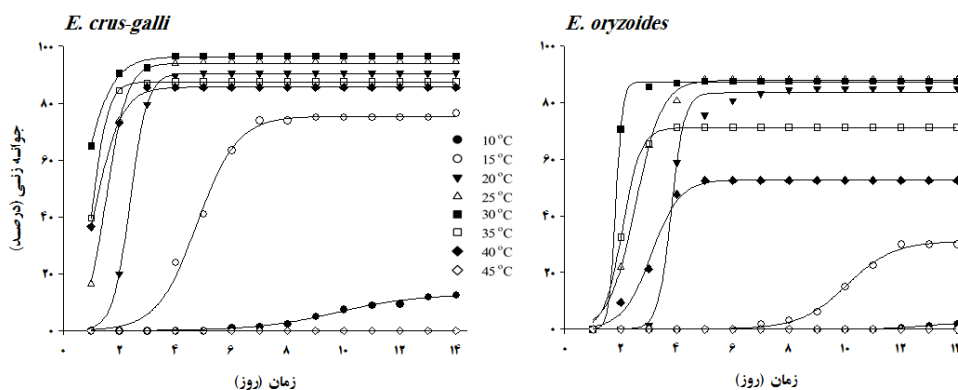
نتایج و بحث

اثر دما

درصد نهایی جوانه زنی

درصد نهایی جوانه زنی در دو گونه علف هرز مورد بررسی

1. General linear model, GLM



شکل ۱. اثر درجه حرارت‌های ثابت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد بر جوانه‌زنی (درصد) سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف آبی (*E. oryzoides*) طی ۱۴ روز قرارگرفتن بذرها در شرایط جوانه‌زنی

جدول ۱. پارامترهای حاصل از برازش تابع سیگموئیدی سه پارامتره $y = G_{max} / (1 + \exp(-(x - x_{50}) / G_{rate}))$ به جوانه‌زنی (درصد) سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف آبی (*E. oryzoides*) طی ۱۴ روز قرارگرفتن بذرها در شرایط جوانه‌زنی

R ²	سوروف (<i>E. crus-galli</i>)			R ²	سوروف آبی (<i>E. oryzoides</i>)			درجه حرارت
	X ₅₀ (SE)	G _{rate} (SE)	G _{max} (SE) ^a		X ₅₀ (SE)	G _{rate} (SE)	G _{max} (SE)	
۰/۹۹	۹/۷۷ (۰/۲۱)	۱/۴۲ (۰/۱۴)	۱۲/۸۲ (۰/۵۶)	۰/۹۹	۱۲/۶۸ (۰/۱۲)	۰/۶۲ (۰/۰۸)	۲/۰۸ (۰/۱۳)	۱۰
۰/۹۹	۴/۷۸ (۰/۰۸)	۰/۷۱ (۰/۰۷)	۷۵/۳۷ (۰/۹۶)	۰/۹۹	۱۰/۰۸ (۰/۰۸)	۰/۸۴ (۰/۰۶)	۳۱/۱۱ (۰/۶۳)	۱۵
۰/۹۹	۲/۳۹ (۰/۰۱)	۰/۳۱ (۰/۰۱)	۹۰/۴۵ (۰/۱۰)	۰/۹۹	۳/۸۰ (۰/۰۶)	۰/۲۴ (۰/۰۶)	۸۳/۴۶ (۰/۸۵)	۲۰
۰/۹۹	۱/۵۵ (۰/۰۳)	۰/۳۷ (۰/۰۲)	۹۳/۹۹ (۰/۵۸)	۰/۹۹	۲/۵۳ (۰/۰۳)	۰/۴۷ (۰/۰۲)	۸۷/۸۹ (۰/۴۷)	۲۵
۰/۹۹	۰/۶۰ (۰/۰۴)	۰/۵۴ (۰/۰۴)	۹۶/۳۵ (۰/۲۷)	۰/۹۹	۱/۸۳ (۰/۱۳)	۰/۱۲ (۰/۰۹)	۸۷/۲۹ (۰/۱۶)	۳۰
۰/۹۹	۱/۰۵ (۰/۰۱)	۰/۲۸ (۰/۰۳)	۸۷/۴۷ (۰/۰۳)	۰/۹۹	۲/۰۷ (۰/۰۲)	۰/۳۲ (۰/۰۲)	۷۱/۱۴ (۰/۸۹)	۳۵
۰/۹۹	۱/۱۴ (۰/۰۱)	۰/۴۸ (۰/۰۱)	۸۵/۶۳ (۰/۱۵)	۰/۹۹	۳/۱۰ (۰/۰۶)	۰/۵۱ (۰/۰۵)	۵۲/۷۶ (۰/۵۳)	۴۰

G_{max} درصد جوانه‌زنی حداکثر، G_{rate} شیب منحنی در ۵۰ درصد جوانه‌زنی نهایی، X₅₀ دمای مورد نیاز برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی نهایی، R² ضریب تبیین، SE خطای استاندارد.

سوروف آبی بود. در هر دو گونه افزایش درجه حرارت تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی و سپس کاهش آن شد (شکل ۲). از آنجا که سرعت جوانه‌زنی عکس زمان لازم برای رسیدن به درصد خاصی از جوانه‌زنی است، شرایطی که این زمان را طولانی‌تر کند، سرعت جوانه‌زنی را کاهش خواهد داد (Ghanbari *et al.*, 2006). گزارش‌های متعددی حاکی از اثر افزایشی درجه حرارت بر درصد و سرعت جوانه‌زنی تا نقطه‌ای خاص‌اند (Iannucci *et al.*, 2000; Tabrizi *et al.*, 2005, 2008). درجه حرارت‌های بیشتر و کمتر از بهینه سبب طولانی‌تر شدن زمان جوانه‌زنی و در نتیجه کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شوند (Colbach *et al.*, 2002). در درجه حرارت‌های کمتر از بهینه، زمان جوانه‌زنی با افزایش درجه حرارت کاهش می‌یابد. در آزمایشی بر روی سوروف، زمان لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی با

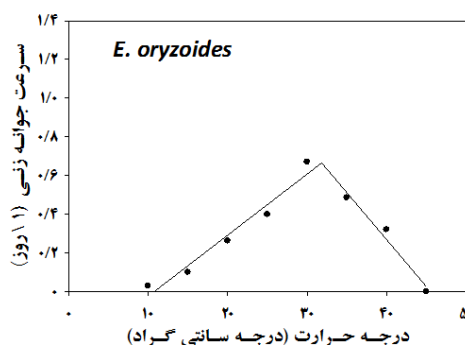
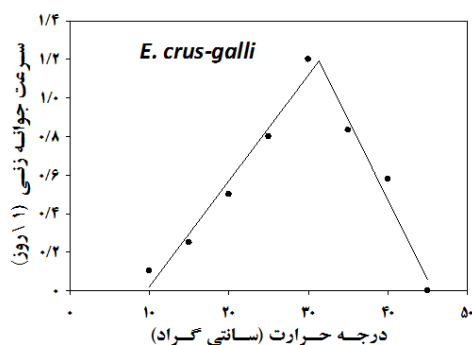
سرعت جوانه‌زنی

نتایج تجزیه و تحلیل سرعت جوانه‌زنی حاکی از متفاوت بودن این متغیر در دو گونه (F=641.90, P<0.0001, df=1) و تأثیر درجه حرارت بر آن (F=546.78, P<0.0001, df=7) بود؛ چنانکه اثر درجه حرارت تحت تأثیر گونه علف‌هرز قرار داشت (F=91.36, P<0.0001, df=7). نتیجه مطالعات متعدد حاکی از تأثیر درجه حرارت بر سرعت جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز (Steckel *et al.*, 2004; Bradford, 2002) و متفاوت بودن این تأثیر در گونه‌های گیاهی درون یک جنس است (Jordan & Haferkamp, 1989).

مشابه درصد نهایی جوانه‌زنی، در مورد سرعت جوانه‌زنی نیز سوروف واکنش بهتری به درجه حرارت‌های کم نشان داد؛ به طوری که این مقدار در ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۰/۱ و ۰/۳ در روز در سوروف و

سانتی‌گراد افزایش پیدا کرد (Martinkova et al., 2006).

افزایش درجه حرارت از ۱۷ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت و پس از آن بین ۳۰ و ۳۵ درجه



شکل ۲. اثر درجه حرارت بر سرعت جوانه‌زنی و تعیین دماهای کاردینال براساس برازش مدل رگرسیون خطی $y = -0.53 + 0.06x$, $R^2 = 0.97$ به دماهای بیشتر و $y = 3.54 + 0.08x$, $R^2 = 0.97$ به دماهای کمتر از بهینه در سوروف (*E. crus-galli*) و مدل خطی $y = -0.34 + 0.03x$, $R^2 = 0.96$ به دماهای بیشتر و $y = 2.00 - 0.04x$, $R^2 = 0.97$ به دماهای کمتر از بهینه در سوروف آبی (*E. oryzoides*).

(1996)، $9/7^\circ C$ (Wiese & Binning, 1987) و $8/3^\circ C$ (Brod, 1968) به‌عنوان دمای پایه گزارش شده است. در علف‌هرز خویشاوند *E. colona* حرارت پایه $9/7$ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. درجه حرارت پایه زیاد در گیاهان جنس *Echinochloa* در ارتباط با منشأ گرمسیری آنها است (Trudgill et al., 2000). دمای بهینه برای جوانه‌زنی به ژنتیک گیاه و شرایط اقلیمی محل رشد و نمو گیاه بستگی دارد (Tabrizi et al., 2005). دمای بهینه جوانه‌زنی برای اکثر بذرهای بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است (Copeland & McDonald, 1995). درجه حرارت‌های بهینه در سوروف براساس حداقل زمان لازم برای جوانه‌زنی بین $29/3$ و $30/1$ گزارش شده است (Martinkova et al., 2006).

اثر ساعات روشنایی

اثر توأم سه عامل گونه علف‌هرز، درجه حرارت و ساعات روشنایی، درصد نهایی جوانه‌زنی ($F = 3.62$, $P = 0.001$, $df = 8$) و نیز سرعت جوانه‌زنی ($F = 2.07$, $P = 0.04$, $df = 8$) را تحت تأثیر قرار داد. بذرهای هر دو گونه حتی در تاریکی کامل نیز مقداری جوانه‌زنی از خود نشان دادند؛ هرچند نور سبب تقویت درصد و سرعت جوانه‌زنی شد (شکل ۳). در علف‌هرز سوروف گزارش‌ها حاکی از اثر تحریک‌کننده نور است؛ چنانکه جوانه‌زنی بذرهای سوروف وقتی در معرض نور قرار گرفتند در مقایسه با

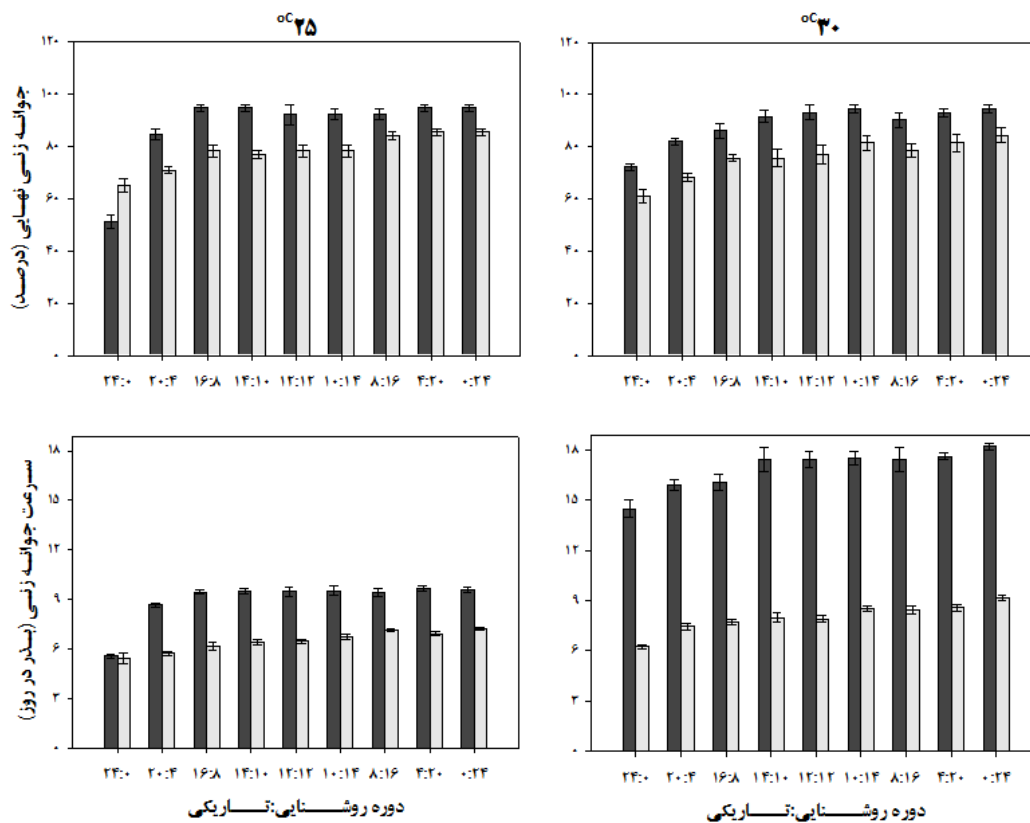
دماهای کاردینال جوانه‌زنی

از نظر کاربردی سه درجه حرارت اصلی تحت عنوان درجه حرارت‌های کاردینال در تعیین پاسخ جوانه‌زنی به درجه حرارت به‌کار می‌روند (Copeland & McDonald, 1995). این درجه حرارت‌ها شامل درجه حرارت کمینه یا دمای پایه که در کمتر از آن جوانه‌زنی صورت نمی‌گیرد، درجه حرارت بهینه که در آن سرعت جوانه‌زنی به حداکثر می‌رسد و بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان رخ می‌دهد و درجه حرارت بیشینه که در بیشتر از آن جوانه‌زنی رخ نمی‌دهد و پروتئین‌های ضروری برای جوانه‌زنی تجزیه می‌شوند، است (Ghanbari et al., 2006; Tabrizi et al., 2005, 2008). در درجه حرارت بهینه، بذرهای سریع‌تر جوانه خواهند زد و سرعت و درصد جوانه‌زنی تجمعی بیشتری در مقایسه با سایر رژیم‌های حرارتی خواهند داشت (Fandrich & Smith, 2005). با تعیین درجه حرارت‌های کاردینال، امکان ارزیابی محدودیت‌های جغرافیایی گونه‌ها و پیش‌بینی مراحل رشد و نمو آنها ممکن می‌شود. دماهای کاردینال شامل دماهای پایه، بهینه و بیشینه به ترتیب $9/6$ ، $30/8$ و $45/9$ در سوروف و $10/7$ ، $31/2$ و $45/9$ در سوروف آبی بود (شکل ۲).

در مطالعات متعدد درباره علف‌هرز سوروف دماهای متعددی شامل $12^\circ C$ (Martinkova, 1989) و $11^\circ C$ (Martinkova et al., 2006)، $11^\circ C$ (Kwon et al.,)

هیچ‌گونه جوانه‌زنی نشان ندادند، قرارگیری در معرض نور تقریباً ۴۰ میکرووات با طول موج ۶۶۰ نانومتر به مدت ۱ دقیقه سبب حدود ۷۰ درصد جوانه‌زنی، و به مدت تنها ۲ ثانیه سبب حدود ۳۰ درصد جوانه‌زنی شد. این مقادیر در هنگام قرارگرفتن در معرض نور ۴۰۰ میکرووات، به ترتیب بیش از ۷۰ و ۵۰ درصد بود (Watanabe, 1977).

زمانی که بذرها در تاریکی قرار داشتند، به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (Boyd & van Acker, 2004; Takabayashi & Nakayama, 1981). جوانه‌زنی علف‌هرز *E. crus-galli* var. *praticola* که بذره‌های آن در خاک زمستان‌گذرانی کرده بودند، در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌طور کامل وابسته به قرارگیری آنها در معرض نور بود. در بذرهایی که در شرایط تاریکی



شکل ۳. اثر دوره روشنایی بر درصد نهایی و سرعت جوانه‌زنی در سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف آبی (*E. oryzoides*) در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد، طی هفت روز قرارگرفتن بذرها در شرایط جوانه‌زنی. خطوط عمودی (خطوط بار) نشان‌دهنده خطای استاندارد میانگین‌ها هستند.

(۶۵ درصد) بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد (۱۳/۵ درصد) بود؛ درحالی‌که در سوروف آبی افزایش درصد نهایی جوانه‌زنی کمتر (۸/۹ و ۱۱/۹ درصد به ترتیب در ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد) بود. درصد نهایی جوانه‌زنی سوروف در تاریکی کامل در ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۵۴/۱ و ۷۶/۵ درصد و در ۴ ساعت روشنایی ۸۹/۲ و ۸۶/۸ درصد روشنایی کامل بود. در سوروف آبی این مقادیر به ترتیب در تاریکی کامل ۷۶/۳ و ۷۲/۴

روند تغییرات درصد نهایی جوانه‌زنی با افزایش ساعات نوری در دو گونه متفاوت بود (شکل ۳). پاسخ به علائم محیطی نظیر درجه حرارت و دوره نوری می‌تواند بین گونه‌ها و حتی در یک گونه متفاوت باشد (Thomas & Vince-Prue, 1997). در سوروف (در مقایسه با سوروف آبی) با خارج شدن از وضعیت تاریکی کامل و قرار گرفتن به مدت ۴ ساعت در معرض نور، افزایش جوانه‌زنی بیشتر بود و این افزایش در دمای ۲۵ درجه

۲۰ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی بسیار کم (کمتر از ۱۰ درصد) بود؛ در حالی که در ۲۵ درجه سانتی‌گراد، جوانه‌زنی در حدود ۳۲ درصد مشاهده شد و با افزایش دما به ۳۰ درجه سانتی‌گراد، جوانه‌زنی افزایش چشمگیری یافت و به ۸۳ درصد رسید. بذرهایی که ۵ دقیقه در معرض نور قرار گرفته بودند، در دامنه وسیعی از درجه حرارت، جوانه‌زنی زیادی نشان دادند. ایشان نتیجه گرفتند که نور در جوانه‌زنی بذرهایی که خواب آنها از بین رفته است، تأثیر دارد.

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس دماهای اصلی محاسبه‌شده و توجه به این نکته که سوروف آبی در ۱۵ درجه سانتی‌گراد و کمتر از آن، جوانه‌زنی کمی نشان داد، می‌توان اظهار داشت که در این گونه نیاز حرارتی بیشتر از سوروف است. بر این اساس چنانچه هر عاملی، از جمله تغییر اقلیم، سبب افزایش درجه حرارت به‌ویژه در ابتدای فصل رشد شود، به گسترش بیشتر سوروف آبی در منطقه کمک خواهد کرد. همچنین گونه تازه‌وارد در شرایط تاریکی کامل، نسبت به گونه شایع جوانه‌زنی بیشتری نشان داد و به‌طور کلی حساسیت کمتری نسبت به قرارگیری در معرض نور داشت. بنابراین با در نظر گرفتن سناریوی گرم‌شدن کره زمین و در پی آن، وقوع دماهای بیشتر در ابتدای فصل رشد و نیز اندازه بزرگ‌تر بذر و حساسیت کمتر به نور در سوروف آبی نسبت به سوروف، جوانه‌زنی بیشتر از دامنه وسیع‌تری از عمق خاک و استقرار گیاهچه‌های قوی‌تر محتمل خواهد بود که برتری رقابتی شایان توجهی را برای این گونه فراهم خواهد آورد. از این رو به‌نظر می‌رسد به‌دلیل امکان گسترش و مشکل‌ساز شدن این علف‌هرز، توجه بیشتر ضرورت دارد.

درصد و در ۴ ساعت روشنایی ۸۳ و ۸۱ درصد روشنایی کامل بود. این نتیجه نشان می‌دهد که در شرایط تاریکی کامل، سوروف آبی قادر به جوانه‌زنی بیشتری است؛ اما ساعت‌های کم قرارگرفتن در معرض نور سبب تحریک بیشتر جوانه‌زنی در سوروف می‌شود. احتمالاً گونه شایع با داشتن اندازه کوچک‌تر و سطح تماس بیشتر واکنش سریع‌تری به قرارگرفتن در معرض نور نشان می‌دهد؛ اگرچه تفاوت در ضخامت، جنس مواد تشکیل‌دهنده و منافذ پوسته بذر دو گونه ممکن است در واکنش به نور اثرگذار باشند. اثر افزایش ساعات روشنایی تحت‌تأثیر درجه حرارت نیز قرار داشت. این اثر به‌ویژه در شرایط تاریکی کامل در سوروف مشهود بود (شکل ۳). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در ۲۵ درجه سانتی‌گراد اثر ساعت‌های کم نور در تحریک جوانه‌زنی بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. درصد نهایی جوانه‌زنی سوروف در شرایط تاریکی کامل در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ۵۱/۳ درصد و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد ۷۲/۲ درصد بود. به‌نظر می‌رسد که افزایش درجه حرارت به ۳۰ درجه سانتی‌گراد نیاز به نور را تا حدی کاهش داده است. به‌طور مشابه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با خروج از تاریکی و قرارگیری در معرض نور، سرعت جوانه‌زنی در سوروف افزایش زیادی نشان داد؛ در صورتی که در ۳۰ درجه سانتی‌گراد و نیز در سوروف آبی چنین واکنشی مشاهده نشد. Watanabe (1981) و Watanabe & Hirokawa (1976) نیز وجود تأثیرات متقابل بین نور و درجه حرارت را گزارش کرده‌اند. ایشان اظهار داشتند که درصد جوانه‌زنی بذرهایی غیراگرد علف‌هرز *E. crus-galli* var. *praticola* در تاریکی به‌نحو چشمگیری تحت تأثیر شرایط دمایی قرار گرفت، به‌طوری که در شرایط تاریکی و دماهای ثابت بین ۵ تا

REFERENCES

- Adam, N. R., Dierig, D. A., Coffelt, T. A. & Wintermeyer, M. J. (2007). Cardinal temperatures for germination and early growth of two *Lesquerella* species. *Industrial Crops and Products*, 25, 24-33.
- Baskin, J. M. & Baskin, C. C. (1989). Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. Pages 53-65 In: M. Leck, V. Parker, & R. Simpson, (Eds.), *Ecology of Soil Seed Banks*. San Diego, CA: Academic.
- Baskin, C. C. & Baskin, J. M. (1998). Ecology of seed dormancy and germination in grasses. In: G. P. Cheplick (Eds.), *Population Biology of Grasses*. (Pages 30-83). Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Benech-Arnold, R. L., Sanchez, 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.

5. Benvenuti, S., Macchia, M. & Miele, S. (2001). Quantitative analysis of emergence of seedlings from buried weed seeds with increasing soil depth. *Weed Science*, 49, 528-535.
6. Bewley, J. D. & Black, M. (1994). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. (2nd ed). New York: Plenum.
7. Boyd, N. & van Acker, R. (2004). Seed germination of common weed species as affected by oxygen concentration, light, and osmotic potential. *Weed Science*, 52, 589-596.
8. Bradford, K. J. (2002). Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, 50, 248-260.
9. Brod, G. (1968). Studies on the biology and ecology of barnyard-grass, *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Weed Research*, 8, 115-127.
10. Chauhan, B. S., Gill, G. & Preston, C. (2006a). Factors affecting turnipweed (*Rapistrum rugosum*) seed germination in southern Australia. *Weed Science*, 54, 1032-1036.
11. Chauhan, B. S., Gill, G. & Preston, C. (2006b). Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). *Weed Science*, 54, 1004-1012.
12. Chung, I. M., Ahn, J. K. & Yun, S. J. (2001). Assessment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Crop Protection*, 20, 921-928.
13. Colbach, N., Chauvel, B., Durr, C. & Richard, G. (2002). Effect of environmental conditions on *Alopecurus myosuroides* germination, II: effect of moisture conditions and storage length. *Weed Research*, 42, 222-230.
14. Copeland, L. O. & McDonald, M. B. (1995). *Principles of Seed Science and Technology*. Pub. Chapman & Hall. USA.
15. Fandrich, L. & Smith, C. M. (2005). Temperature effects on jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) seed germination. *Weed Science*, 53, 594-599.
16. Forcella, F. (1998). Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. *Seed Science Research*, 8, 201-209.
17. Ghanbari, A., Rahimian Mashhadi, H., Nassiri Mahallati, M., Kafi, M. & rastgoo, M. (2006). Ecophysiological aspects of Liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) germination under different temperatures. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 3, 275-263. (In Farsi)
18. Iannucci, A., Di Fonzo, N. & Martiniello, P. (2000). Temperature requirements for seed germination in four annual clovers grown under two irrigation treatments. *Seed Science and Technology*, 28, 59-66.
19. Jordan, G. L. & Haferkamp, M. R. (1989). Temperature responses and calculated heat units for germination of several range grasses and shrubs. *Journal of Range Management*, 42, 41-45.
20. Klinken, R. D. V. & Flack, L. (2005). Wet heat as a mechanism for dormancy release and germination of seeds with physical dormancy. *Weed Science*, 53, 663-669.
21. Knapp, A. (2000). An overview of seed dormancy in native warm-season grasses. In: K. J. Moore, & B. E. Anderson, (Eds.), *Native Warm-season Grasses: Research Trends and Issues*. (Pages 107-123) Madison, WI: CSSA.
22. Kwon, Y. W., Kim, D. S. & Park, S. W. (1996). Effect of soil temperature on the emergence-speed of rice and barnyardgrass under dry direct-seeding condition. *Korean Journal of Weed Science*, 16, 1-87.
23. Leon, R. G. & Owen, M. D. K. (2003). Regulation of weed seed dormancy through light and temperature interactions. *Weed Science*, 51, 752-758.
24. Lu, P., Sang, W. & Ma, K. (2006). Effects of environmental factors on germination and emergence of Crofton weed (*Eupatorium adenophorum*). *Weed Science*, 54, 452-457.
25. Luo, J., & Cardina, J. 2012. Germination patterns and implications for invasiveness in three *Taraxacum* (Asteraceae) species. *Weed Research*, 52, 112-121.
26. Maguire, J. D. (1962). Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2, 176-177.
27. Martinkova, Z. (1989). *Biology, ecology and control of the barnyardgrass (Echinochloa crus-galli (L.) P.Beauv.* PhD Thesis, Agri-culture University, Praha.
28. Martinkova, Z., Honek, A. & Lukas J. (2006). Seed age and storage conditions influence germination of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science*, 54, 298-304.
29. McElroy, J. S., Walker, R. H., Wehtje, G. R. & van Santen, E. (2004). Annual bluegrass (*Poa annua*) populations exhibit variation in germination response to temperature, photoperiod, and fenarimol. *Weed Science*, 52, 47-52.
30. Milberg, P., Andersson, L., and Noronha, A. (1996). Seed germination after short-duration light exposure: implications for the photo-control of weeds. *Journal of Applied. Ecology*, 33, 1469-1478.
31. Mohammadvand, E. (2011). *Evaluation of biological and ecological characteristics of a recently introduced watergrass (Echinochloa oryzoides), and a common barnyardgrass (E. crus-galli) species in rice ecosystems of Guilan*. Ph.D. dissertation. Ferdowsi University of Mashhad. (In Farsi)

32. Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Shahdi, A. (2012). The effects of seed burial and flooding depths on the emergence and seedling growth of watergrass (*Echinochloa oryzoides*) and barnyardgrass (*E. crus-galli*). *Iranian Journal of Field Crop Research*, 10, 699-708. (In Farsi)
33. Mohammadvand, E., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Shahdi, A. (2014). phenology, morphology and yield characteristics of two *Echinochloa* weed species. *Iranian Journal of Crop Protection*. In press. (In Farsi)
34. Nandula, V. K., Eubank, T. W., Poston, D. H., Koger, C. H. & Reddy, K. N. (2006). Factors affecting germination of horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Science*, 54, 898-902.
35. Oliveira, M. J. & Norsworthy, J. K. (2006). Pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa*) germination and emergence as affected by environmental factors and seeding depth. *Weed Science*, 54, 910-916.
36. Osuna, M. D., Vidotto, F., Fischer, A. J., Bayer, D. E., De Prado, R. & Ferrero, A. (2002). Cross-resistance to bispyribec-sodium and bensulfuron-methyl in *Echinochloa phyllopogon* and *Cyperus difformis*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 73, 9-17.
37. Phartyal, S. S., Thapliyal, R. C., Nayal, J. S., Rawat, M. M. S. & Joshi, G. (2003). The influences of temperatures on seed germination rate in Himalayan elm (*Ulmus wallichiana*). *Seed Science and Technology*, 31, 83-93.
38. Poortousi, N., Rashed Mohasel, M. H. & Ezadi Darbandi, E. (2009). Germination characteristics and cardinal temperatures of lambsquarter, purselane and crabgrass. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 6, 255-261. (In Farsi)
39. Pysek, P. & Richardson D.M. (2007). Traits associated with invasiveness in alien plants: where do we stand? In: *Biological invasions, Ecological Studies 193* (ed. W NENTWIG), 97-126. Springer-Verlag, Berlin & Heidelberg, Germany.
40. Roman, E. S., Thomas, G., Murphy, S. D. & Swanton, C. J. (1999). Modeling germination and seedling elongation of common lambsquarters (*Chenopodium album*). *Weed Science*, 47, 149-155.
41. Steckel, L. E., Sprague, C. L., Stoller, E. W. & Wax, L. M. (2004). Temperature effects on germination of nine *Amaranthus* Species. *Weed Science*, 52, 217-221.
42. Summerfield, R. J., Roberts, E. H., Ellis, R. H. & Lawn, R. J. (1991). Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops. I. The development of simple models for fluctuating field environments. *Experimental Agriculture*, 27, 11-31.
43. Tabrizi, L., Nassiri Mahallati, M. & Koocheki, A. (2005). Investigations on the cardinal temperatures for germination of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 2, 143-150. (In Farsi)
44. Tabrizi, L., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M. & Rezvani Moghaddam, P. (2008). Germination behaviour of cultivated and natural stand seeds of Khorasan thyme (*Thymus transcaspicus* Klokov) with application of regression models. *Iranian Journal of Field Crop Research*, 5, 249-257. (In Farsi)
45. Takabayashi, M. & Nakayama, K. (1981). The seasonal change in seed dormancy of main upland weeds. *Weed Research of Japan*, 26, 249-252.
46. Thomas, B. & Vince-Prue, D. (1997). *Photoperiodism in Plants*. (2nd ed). San Diego, CA: Academic.
47. Trudgill, D. L., Squire, G. R. & Thompson, K. (2000). A thermal time basis for comparing the germination requirements of some British herbaceous plants. *New Phytologist*, 145, 107-114.
48. Van Assche, J.A., Van Nerum, D.M. & Darius, P. (2003). The comparative germination ecology of nine *Rumex* species. *Plant Ecology*, 159, 131-142.
49. Vasilakoglou, I.B., Eleftherohorinos, I.G. & Dhima, K.V. (2000). Propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) biotypes found in Greece. *Weed Technology*, 14, 524-529
50. Watanabe, Y. (1977). Ecological studies on the germination and emergence of annual weeds. 6. effect of light on the germination of seeds wintered in soil. *Weed Research of Japan*, 22, 80-83.
51. Watanabe, Y. (1981). Ecological studies on seed germination and emergence of some summer annual Weeds in Hokkaido. *Weed Research of Japan*, 26, 193-199.
52. Watanabe, Y. & Hirokawa, F. (1976). Ecological studies on the germination and emergence of annual weeds. 5. requirement of temperature condition in germination and its relation to seasonal distribution of emergence in the field. *Weed Research of Japan*, 21, 56-60.
53. Wiese, A. M. & Binning, L. K. (1987). Calculating the Threshold Temperature of Development for Weeds. *Weed Science*, 5, 177-179.
54. Yaghoubi, B., Jauhar Ali, A. & Zand, E. (2006). New species of barnyardgrass (*Echinochloa oryzoides*): a new emerging threat to paddy fields of Iran. 17th *Iranian Plant Protection Congress*, 2-5 Sept., Karaj, Pp. 8. (In Farsi)
55. Zhou, J., Deckard, E. L. & Ahrens, W. H. (2005). Factors affecting germination of hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*) seeds. *Weed Science*, 53, 41-45.