علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۵، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۳ (ص ۶۴۸-۶۳۹)

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

المیرا محمدوند[1*]، علیرضا کوچکی[2]، مهدی نصیری محلاتی[3] و عباس شهدی‌کومله[4]
۱. استادیار، دانشکدهٔ علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
۲ و ۳. استادان، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴. استادیار پژوهش، مؤسسهٔ 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 دورهٔ نوری بر جوانه‌زنی بذر گونهٔ تازه‌وارد سوروف آبی (*Echinochloa oryzoides*) و مقایسهٔ آن با گونهٔ 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 درجهٔ سانتی‌گراد) و تعیین دماهای کاردینال؛ و در آزمایش دوم، ارزیابی اثر دورهٔ روشنایی/تاریکی (۲۴/۰، ۲۰/۴، ۱۶/۸، ۱۴/۱۰، ۱۲/۱۲، ۱۰/۱۴، ۸/۱۶، ۴/۲۰ و ۰/۲۴ ساعت) در دو دمای ثابت ۲۵ و ۳۰ درجهٔ 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 درجهٔ سانتی‌گراد مشاهده شد. سوروف نسبت به سوروف آبی واکنش بهتری به درجهٔ حرارت‌های کم نشان داد. دمای پایه، بهینه و بیشینهٔ جوانه‌زنی به‌ترتیب در سوروف ۹/۶، ۳۱ و ۴۵/۵ درجهٔ سانتی‌گراد و در سوروف آبی ۱۰/۵، ۳۱/۴ و ۴۵/۶ درجهٔ 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 ساعت‌های کم قرارگیری در معرض نور، تحریک بیشتر جوانه‌زنی در سوروف را به‌دنبال داشت. با افزایش درجهٔ حرارت از ۲۵ به ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد، به‌ویژه در سوروف، نیاز به نور تا حدی کاهش یافت. به‌طور کلی، گونهٔ تازه‌وارد در مقایسه با گونهٔ 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 دربارهٔ بیولوژی جوانه‌زنی علف‌های هرز، توسعهٔ 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

* تلفن: ۰۳۱۳۳۶۹۰۲۷۷
E-mail: mohammadvand@guilan.ac.ir

گونه‌های جدید علف‌هرز، درک بهتر جوانه‌زنی که یکی از بحرانی‌ترین مراحل نمو گیاه و تعیین‌کنندهٔ 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 دامنهٔ 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 دامنهٔ وسیعی از شرایط اقلیمی باشند به‌مراتب بیشتر از گونه‌هایی است که تنها در شرایط خاصی قادر به جوانه‌زنی‌اند.

نور و درجهٔ حرارت از عوامل مهم محدودکنندهٔ جوانه‌زنی بذرها به‌شمار می‌روند (Benvenuti *et al*., 2001) و پاسخ علف‌های هرز به این علائم محیطی می‌تواند اطلاعات ضروری برای توسعهٔ برنامه‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز را فراهم کند (McElroy *et al*., 2004). علاوه‌بر آن، آگاهی از دمای جوانه‌زنی و نیازهای نوری، در تعیین شرایطی که احتمال جوانه‌زنی بذرها بیشتر است و خود، موفقیت گونه‌های بالقوه مهاجم را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اهمیت دارد. طول موج، شدت نور و دورهٔ 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، قرارگرفتن در معرض نور از جوانه‌زنی جلوگیری می‌کند (Boyd & van Acker, 2004). در تحقیقی بر روی ۵۴ گونهٔ علفی، مشخص شد که نور، جوانه‌زنی ۲۸ گونه را تقویت و ۱۳ 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[1] 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 سبزشدن آنها تا حد زیادی تحت تأثیر درجهٔ حرارت نیز قرار می‌گیرد (Steckel *et al*., 2004). در نواحی معتدله، درجهٔ 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 درجهٔ 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 زمانی‌که حساسیت به نور در بذرها کم است، برای کاهش سبزشدن علف‌های هرز یا تحریک جوانه‌زنی علف‌های هرز چنانکه علف‌های هرز سبزشده 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 زمینهٔ بررسی ویژگی‌های بیولوژیکی و اکولوژیکی این گونهٔ تازه‌وارد که در تعیین درجهٔ سازگاری با شرایط محیطی منطقه و درنتیجه

1. Far red (FR)

گسترش آن در شالیزارهای استان گیلان اثرگذار است، اهمیت یافت (Mohammadvand *et al*., 2011, 2012, 2014) و ازآنجا که بررسی احتمال جایگزینی گونهٔ غالب کنونی، سوروف (*E. crus-galli*)، توسط گونهٔ 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 صورت‌گرفته دربارهٔ جوانه‌زنی دو گونهٔ مذکور ارائه شده است. کسب اطلاعات دربارهٔ جوانه‌زنی و سبز شدن گونهٔ تازه‌وارد در پیش‌بینی پتانسیل آن به‌منظور ورود به مناطق جدید و نیز توسعهٔ اقدامات کنترلی جدید کمک خواهد کرد. در مورد گونهٔ شایع این اطلاعات را می‌توان برای تشریح علت گسترش و مشکل‌سازشدن این گونه در سطح وسیعی از شالیزارهای استان گیلان استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

دو مطالعهٔ جداگانه برای بررسی اثر دما و نور بر جوانه‌زنی دو گونه سوروف در آزمایشگاه‌های دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. بذرهای استفاده‌شده، از بوته‌های دو گونه سوروف و سوروف آبی که به‌منظور تولید بذر در سال ۱۳۸۸ در مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور-رشت کشت شده بود، جمع‌آوری شدند. بذرها پس از جداسازی از پانیکول تا زمان اجرای آزمایش در یخچال و در دمای۱±۴ درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. به‌منظور شکستن رکود احتمالی، خراش‌دهی بذرها با اسید سولفوریک ۹۷ درصد به‌مدت 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 بذرهای 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 استفاده‌شده برای مرطوب‌سازیِ مجدد ظروف پتری، برای اطمینان از داشتن درجهٔ حرارتی مشابه درجهٔ حرارت تیمار مورد نظر، داخل اتاقک رشد قرار داده شد. بذرهایی که طول ریشه‌چهٔ 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 تجزیه‌وتحلیل، تحت تبدیل زاویه‌ای قرار گرفت.

اثر دما

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

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

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 درجهٔ حرارت‌های مختلف صورت گرفت (Phartyal *et al*., 2003; Roman *et al*., 1999; Summerfield *et al*., 1991):

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

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

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

در این معادلات، f سرعت جوانه‌زنی (1/t)؛ T دما (درجهٔ 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_o دمای بهینه؛ a_1 و a_2 به‌ترتیب عرض از مبدأ خط رگرسیون حاصل از معادله‌های ۲ و ۳؛ و b_1 و b_2 به‌ترتیب شیب

این خطوط هستند. برازش مدل‌های رگرسیونی در نرم‌افزار SigmaPlot, ver. 11 و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از رویهٔ مدل خطی عمومی[1] در نرم‌افزار SAS, ver. 9.1 انجام گرفت.

اثر نور

در این آزمایش، جوانه‌زنی تحت نه تیمار دورهٔ روشنایی/تاریکی (۲۴/۰، ۲۰/۴، ۱۶/۸، ۱۴/۱۰، ۱۲/۱۲، ۱۰/۱۴، ۸/۱۶، ۴/۲۰ و ۰/۲۴ ساعت) در دو دمای ثابت ۲۵ و ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد بررسی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در اتاقک رشد انجام گرفت. طی ساعت‌های تاریکی، ظروف پتری با دو لایه کاغذ آلومینیومی پوشانده شد و درون دو لایه پلاستیک سیاه قرار گرفت. در ساعت‌های روشنایی، ظروف پتری تنها درون دو لایه پلاستیک شفاف قرار داشتند. شمارش بذرهای جوانه‌زده ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش آغاز شد و به‌صورت روزانه تا هفت روز ادامه یافت. در تیمار تاریکی کامل، شمارش روزانهٔ بذرها در اتاق تاریک و در نور سبز انجام گرفت (Lu *et al*., 2006). با افزایش ساعات نوری، زمان لازم برای رسیدن به جوانه‌زنی ۵۰ درصد (برازش مدل سیگموئیدی (معادلهٔ ۱) تفاوت معنی‌داری نشان نداد (تجزیهٔ داده‌ها با استفاده از رویهٔ مدل خطی عمومی صورت گرفت؛ داده‌ها نشان داده نشده است)، ازاین‌رو برای محاسبهٔ سرعت جوانه‌زنی تعداد بذرهای جوانه‌زده 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 جوانه‌زنی با افزایش ساعات نوری در نرم‌افزار SigmaPlot, ver. 11 و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از رویهٔ مدل خطی عمومی در نرم‌افزار SAS, ver. 9.1 انجام گرفت.

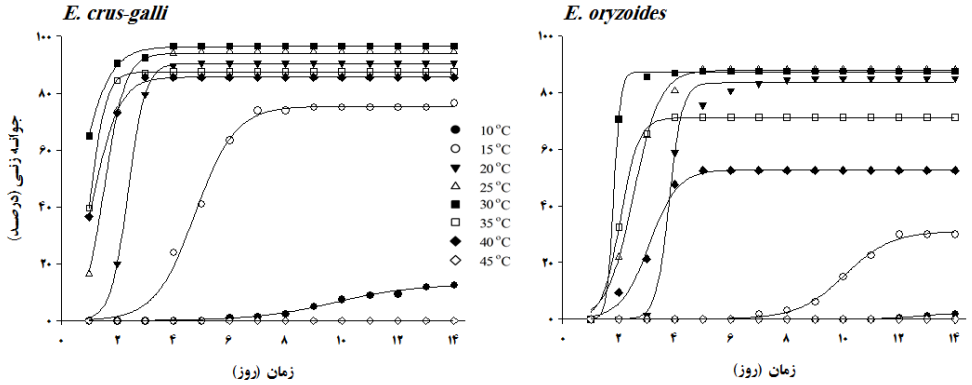
نتایج و بحث

اثر دما

درصد نهایی جوانه‌زنی

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

1. General linear model, GLM



شکل ۱. اثر درجهٔ حرارت‌های ثابت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجهٔ 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 سیگموییدی سه‌پارامتره ($y= G_{max}/(1+\exp(-(x-x_{50})/G_{rate}))$) به جوانه‌زنی (درصد) سوروف (*E. crus-galli*) و سوروف آبی (*E. oryzoides*) طی ۱۴ روز قرارگرفتن بذرها در شرایط جوانه‌زنی

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

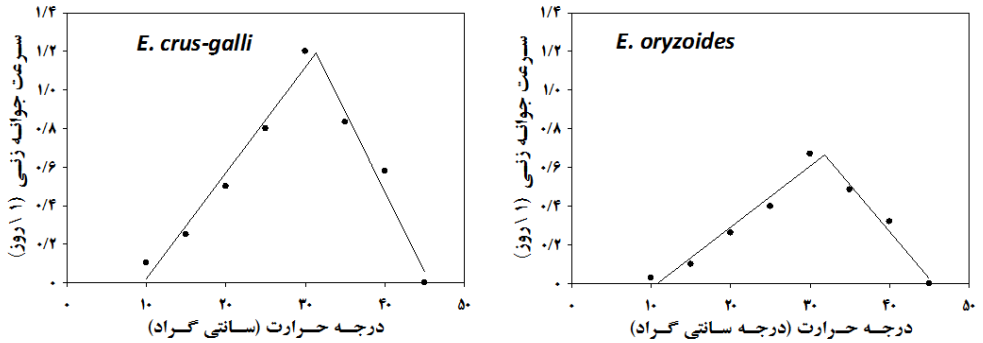
a) G_{max} درصد جوانه‌زنی حداکثر، G_{rate} شیب منحنی در ۵۰ درصد جوانه‌زنی نهایی، X_{50} دمای مورد نیاز برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی نهایی، R^2 ضریب تبیین، SE خطای استاندارد.

سرعت جوانه‌زنی

نتایج تجزیه‌وتحلیل سرعت جوانه‌زنی حاکی از متفاوت بودن این متغیر در دو گونه ($F=641.90, P<0.0001, df=1$) و تأثیر درجهٔ حرارت بر آن ($F=546.78, P<0.0001, df=7$) بود؛ چنانکه اثر درجهٔ حرارت تحت تأثیر گونهٔ علف‌هرز قرار داشت ($F=91.36, P<0.0001, df=7$). نتیجهٔ مطالعات متعدد حاکی از تأثیر درجهٔ 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 درجهٔ حرارت‌های کم نشان داد؛ به‌طوری‌که این مقدار در ۱۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌ترتیب ۰/۱ و ۰/۰۳ در روز در سوروف و سوروف آبی بود. در هر دو گونه افزایش درجهٔ حرارت تا ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی و سپس کاهش آن شد (شکل۲). ازآنجا 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 درجهٔ حرارت بر درصد و سرعت جوانه‌زنی تا نقطه‌ای خاص‌اند (Iannucci *et al.*, 2000; Tabrizi *et al.*, 2005, 2008). درجهٔ حرارت‌های بیشتر و کمتر از بهینه سبب طولانی‌تر شدن زمان جوانه‌زنی و درنتیجه کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌شوند (Colbach *et al.*, 2002). در درجهٔ حرارت‌های کمتر از بهینه، زمان جوانه‌زنی با افزایش درجهٔ حرارت کاهش می‌یابد. در آزمایشی بر روی سوروف، زمان لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی با

افزایش درجهٔ حرارت از ۱۷ به ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش یافت و پس از آن بین ۳۰ و ۳۵ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش پیدا کرد (Martinkova *et al.*, 2006).



شکل ۲. اثر درجهٔ 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=96 به دماهای بیشتر و y=2.00-0.04x, R^2=0.97 به دماهای کمتر از بهینه در سوروف آبی. (*E. oryzoides*)

دماهای کاردینال جوانه‌زنی

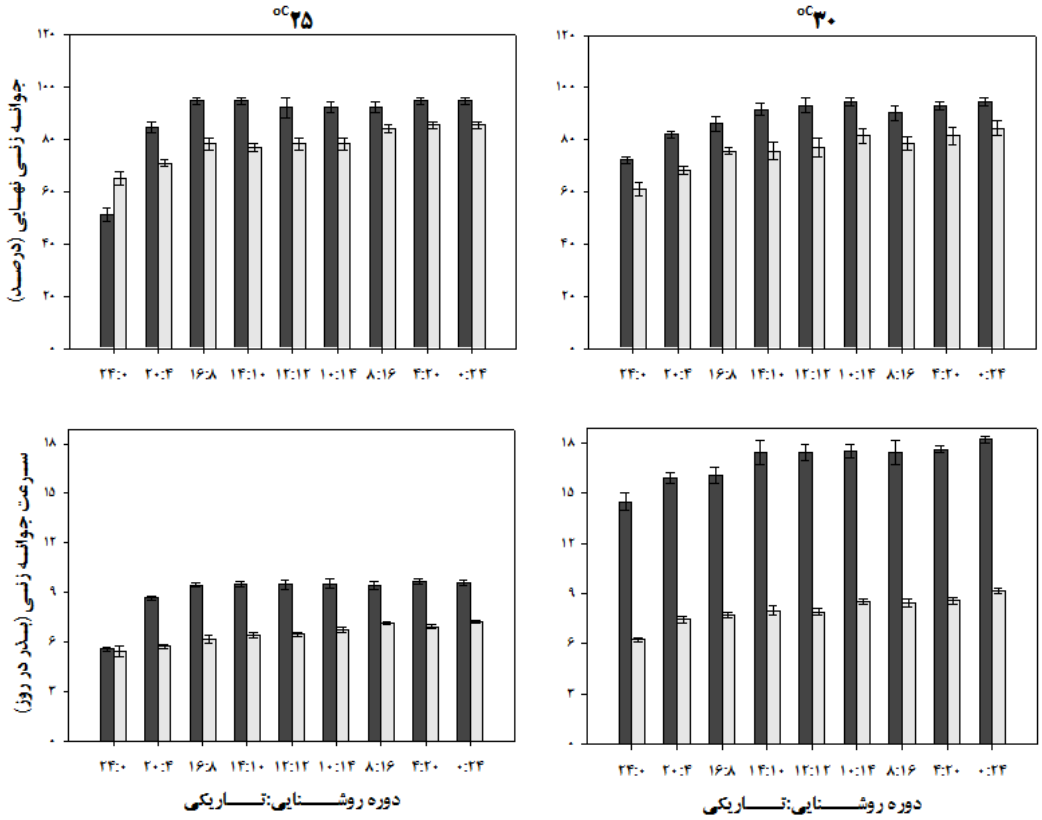
از نظر کاربردی سه درجهٔ حرارت اصلی تحت عنوان درجهٔ حرارت‌های کاردینال در تعیین پاسخ جوانه‌زنی به درجهٔ حرارت به‌کار می‌روند (Copeland & McDonald, 1995). این درجهٔ حرارت‌ها شامل درجهٔ حرارت کمینه یا دمای پایه که در کمتر از آن جوانه‌زنی صورت نمی‌گیرد، درجهٔ حرارت بهینه که در آن سرعت جوانه‌زنی به حداکثر می‌رسد و بیشترین درصد جوانه‌زنی در کوتاه‌ترین زمان رخ می‌دهد و درجهٔ 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 درجهٔ حرارت بهینه، بذرها سریع‌تر جوانه خواهند زد و سرعت و درصد جوانه‌زنی تجمعی بیشتری در مقایسه با سایر رژیم‌های حرارتی خواهند داشت (Fandrich & Smith, 2005). با تعیین درجهٔ حرارت‌های کاردینال، امکان ارزیابی محدودیت‌های جغرافیایی گونه‌ها و پیش‌بینی مراحل رشد و نمو آنها ممکن می‌شود. دماهای کاردینال شامل دماهای پایه، بهینه و بیشینه به‌ترتیب ۹/۶، ۳۰/۸ و ۴۵/۹ در سوروف و ۱۰/۷، ۳۱/۲ و ۴۵/۹ در سوروف آبی بود (شکل۲).

در مطالعات متعدد دربارهٔ علف‌هرز سوروف دماهای متعددی شامل ۱۲°C (Martinkova, 1989)، ۱۱ /۷°C (Martinkova *et al.*, 2006)، ۱۱°C (Kwon *et al.*, 1996)، ۹/۷° C (Wiese & Binning,. 1987) و ۸/۳°C (Brod, 1968) به‌عنوان دمای پایه گزارش شده است. در علف‌هرز خویشاوند *E. colona* حرارت پایه ۹/۷ درجهٔ سانتی‌گراد گزارش شده است. درجهٔ حرارت پایهٔ 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 بهینهٔ جوانه‌زنی برای اکثر بذرها بین ۱۵ تا ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد است (Copeland & McDonald, 1995). درجهٔ حرارت‌های بهینه در سوروف براساس حداقل زمان لازم برای جوانه‌زنی بین ۲۹/۳ و ۳۰/۱ گزارش شده است (Martinkova *et al.*, 2006).

اثر ساعات روشنایی

اثر توأم سه عامل گونهٔ علف‌هرز، درجهٔ 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 (شکل۳). در علف‌هرز سوروف گزارش‌ها حاکی از اثر تحریک‌کنندهٔ نور است؛ چنانکه جوانه‌زنی بذرهای سوروف وقتی در معرض نور قرار گرفتند در مقایسه با

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 بذرهای آن در خاک زمستان‌گذرانی کرده بودند، در دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌طورکامل وابسته به قرارگیری آنها در معرض نور بود. در بذرهایی که در شرایط تاریکی هیچ‌گونه جوانه‌زنی نشان ندادند، قرارگیری در معرض نور تقریباً ۴۰ میکروواط با طول موج ۶۶۰ نانومتر به‌مدت ۱ دقیقه سبب حدود ۷۰ درصد جوانه‌زنی، و به‌مدت تنها ۲ ثانیه سبب حدود ۳۰ درصد جوانه‌زنی شد. این مقادیر در هنگام قرارگرفتن در معرض نور ۴۰۰ میکروواط، به‌ترتیب بیش از ۷۰ و ۵۰ درصد بود (Watanabe, 1977).



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

روند تغییرات درصد نهایی جوانه‌زنی با افزایش ساعات نوری در دو گونه متفاوت بود (شکل۳). پاسخ به علائم محیطی نظیر درجهٔ حرارت و دورهٔ 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 به‌مدت ۴ ساعت در معرض نور، افزایش جوانه‌زنی بیشتر بود و این افزایش در دمای ۲۵ درجه (۶۵ درصد) بیشتر از ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد (۱۳/۵ درصد) بود؛ درحالی‌که در سوروف آبی افزایش درصد نهایی جوانه‌زنی کمتر (۸/۹ و ۱۱/۹ درصد به‌ترتیب در ۲۵ و ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد) بود. درصد نهایی جوانه‌زنی سوروف در تاریکی کامل در ۲۵ و ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌ترتیب 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 به‌ترتیب در تاریکی کامل ۷۶/۳ و ۷۲/۴

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 گونهٔ شایع با داشتن اندازهٔ کوچک‌تر و سطح تماس بیشتر واکنش سریع‌تری به قرارگرفتن در معرض نور نشان می‌دهد؛ اگرچه تفاوت در ضخامت، جنس مواد تشکیل‌دهنده و منافذ پوستهٔ بذر دو گونه ممکن است در واکنش به نور اثرگذار باشند. اثر افزایش ساعات روشنایی تحت‌تأثیر درجهٔ حرارت نیز قرار داشت. این اثر به‌ویژه در شرایط تاریکی کامل در سوروف مشهود بود (شکل۳). همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، در ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد اثر ساعت‌های کم نور در تحریک جوانه‌زنی بیشتر از ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد بوده است. درصد نهایی جوانه‌زنی سوروف در شرایط تاریکی کامل در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد ۵۱/۳ درصد و در دمای ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد ۷۲/۲ درصد بود. به‌نظر می‌رسد که افزایش درجهٔ حرارت به ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد نیاز به نور را تاحدی کاهش داده است. به‌طور مشابه در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد با خروج از تاریکی و قرارگیری در معرض نور، سرعت جوانه‌زنی در سوروف افزایش زیادی نشان داد؛ در صورتی که در ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد و نیز در سوروف آبی چنین واکنشی مشاهده نشد. Watanabe (1981) و Watanabe & Hirokawa (1976) نیز وجود تأثیرات متقابل بین نور و درجهٔ حرارت را گزارش کرده‌اند. ایشان اظهار داشتند که درصد جوانه‌زنی بذرهای غیرراکد 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 ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی بسیار کم (کمتر از ۱۰ درصد) بود؛ درحالی‌که در ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد، جوانه‌زنی در حدود ۳۲ درصد مشاهده شد و با افزایش دما به۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد، جوانه‌زنی افزایش چشمگیری یافت و به ۸۳ درصد رسید. بذرهایی که ۵ دقیقه در معرض نور قرار گرفته بودند، در دامنهٔ وسیعی از درجهٔ 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 درجهٔ 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 درجهٔ حرارت به‌ویژه در ابتدای فصل رشد شود، به گسترش بیشتر سوروف آبی در منطقه کمک خواهد کرد. همچنین گونهٔ تازه‌وارد در شرایط تاریکی کامل، نسبت به گونهٔ شایع جوانه‌زنی بیشتری نشان داد و به‌طور کلی حساسیت کمتری نسبت به قرارگیری در معرض نور داشت. بنابراین با درنظرگرفتن سناریوی گرم‌شدن کرهٔ زمین و در پی آن، وقوع دماهای بیشتر در ابتدای فصل رشد و نیز اندازهٔ بزرگ‌تر بذر و حساسیت کمتر به نور در سوروف آبی نسبت به سوروف، جوانه‌زنی بیشتر از دامنهٔ وسیع‌تری از عمق خاک و استقرار گیاهچه‌های قوی‌تر محتمل خواهد بود که برتری رقابتی شایان توجهی را برای این گونه فراهم خواهد آورد. ازاین‌رو به‌نظر می‌رسد به‌دلیل امکان گسترش و مشکل‌سازشدن این علف‌هرز، توجه بیشتر ضرورت دارد.

REFERENCES

1. Adam, N. R., Dierig, D. A., Coffelt, T. A. & Wintermeyer, M. J. (2007). Cardinal temperatures for germination and early growth of two *Lesquerella* species. *Industerial Crops and Products*, 25, 24-33.
2. 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.
3. 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.
4. 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: Plennum.
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, *Echinocbloa 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. Jo*urnal 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). phenoleogy, 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 Ecolology*, 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.