

مطالعه پاسخ جوانه‌زنی علف‌هرز مهاجم نیلوفروحشی (*Ipomoea purpurea* (L.) Roth) به تغییرات دما و پتانسیل آب

Germination response study of tall morningglory (*Ipomoea purpurea* (L.) Roth.), an invasive weed, to temperature and water potential

آسیه سیاهمرگویی^{۱*}، زهرا نظریان^۲ و فرشیدقادری^۳

چکیده:

به‌منظور بررسی تأثیر دما و پتانسیل آب بر جوانه‌زنی بذر نیلوفروحشی و تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی آن، آزمایشی به صورت طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در مدیریت حفظ نباتات استان گلستان در سال ۱۳۹۲ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل دما در هفت سطح (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) و پتانسیل آب در شش سطح (۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸ و ۱- مگاپاسکال) بودند. همچنین اثر دماهای متناوب (۱۰:۲۰، ۱۵:۲۵، ۲۰:۳۰ و ۲۵:۳۵ درجه سانتی‌گراد) بر تغییرات درصد جوانه‌زنی این گیاه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار نیز مورد مطالعه قرار گرفت. بذور از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد شروع به جوانه‌زنی کردند و با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بر درصد جوانه‌زنی افزوده شد و پس از آن کاهش یافت. بیشترین درصد جوانه‌زنی با ۸۴ درصد در دمای متناوب ۲۵:۳۵ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱- مگاپاسکال، درصد جوانه‌زنی این گیاه از ۸۰ درصد به صفر رسید. بر اساس مدل لجستیک سه پارامتره، پتانسیل آب ۶/۵- مگاپاسکال باعث کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی این گیاه گردید. برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی از مدل دوتکه‌ای استفاده شد. بر اساس این مدل در تیمار شاهد دماهای کاردینال جوانه‌زنی نیلوفروحشی شامل دمای پایه، بهینه و سقف به ترتیب ۸/۳، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شد. به‌طور کلی در محدوده دمای مطلوب، جوانه‌زنی در پتانسیل‌های کمتر آب رخ داد. با کاهش پتانسیل آب، دمای پایه، مطلوب و تعداد ساعات بیولوژیک لازم برای جوانه‌زنی افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: عوامل محیطی، دماهای کاردینال، مدل‌های رگرسیونی، پلی‌اتیلن گلاکول.

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۲/۱۳

تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۲۵

- ۱- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ۲- کارشناس مسئول بیولوژیک و کنترل غیر شیمیایی، مدیریت حفظ نباتات، سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان.
- ۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

* نویسنده مسئول: siahmarguee@gau.ac.ir

مقدمه

جوانه‌زنی اولین مرحله برای رقابت یک علف‌هرز در یک نیچ اکولوژیک است (Forcella et al., 2000). هر گونه گیاهی برای جوانه‌زنی نیاز مبرم به دامنه‌ای خاص از شرایط محیطی دارد. چوهان و همکاران (Chauhan et al., 2006) معتقدند که پی بردن به الگوی جوانه‌زنی و سبز شدن گونه‌های مختلف علف‌هرز می‌تواند، اطلاعات جامعی برای توسعه استراتژی‌های مدیریت علف‌هرز در آینده فراهم کند. طی بررسی‌های انجام شده در سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ از مزارع سویا استان گلستان مشخص گردید این مزارع به وسیله گونه‌های مختلف نیلوفر وحشی مانند *Ipomoea headracea* Jacq و *Ipomoea purpurea* (L.) Roth. مورد هجوم قرار گرفته‌اند. این گیاه به دلیل رقابت با گیاه زراعی و همچنین شکستن بوته‌ها و ایجاد چتر بر روی آن به علف‌هرزی خسارت‌زا در مزارع سویای استان تبدیل شده است (Savarnejad et al., 2010). در ایالت کالیفرنیا نیز گونه‌های مختلف این گیاه به عنوان علف‌هرز، مشکلی عمده در محصولات زراعی محسوب می‌شوند. این گیاهان با تراکم ۲-۸ بوته در متر مربع می‌توانند باعث کاهش عملکرد سویا معادل ۲۵ تا ۴۳ درصد شوند. علاوه بر کاهش عملکرد، گونه‌های مختلف نیلوفر باعث ایجاد حالت ورس، کاهش بازدهی محصول و افزایش مواد خارجی و اضافی در محصول برداشت شده، می‌شوند (Stanley et al., 2001).

از دلایل موفقیت و بقای این علف‌هرز، تولید بذر فراوان و سازگاری بالا با شرایط اقلیمی منطقه و عدم وجود علف‌کش مناسب جهت کنترل آن می‌باشد که در گسترش و غالبیت آن در مزارع سویای این استان نقش بسزایی داشته و شرایط را برای مهاجم شدن آن فراهم کرده است (Savarnejad et al., 2010). سهرابی و

همکاران (Sohrabi et al., 2013) اظهار داشتند که با توجه به خوپذیری سریع گیاهان هرز به شرایط اقلیمی جدید احتمال تهاجم افزایش می‌یابد و با گذشت زمان این امر تهدید مهمی برای اکوسیستم‌های طبیعی محسوب می‌شود. از این رو افزایش شناخت ما از ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهان مهاجم می‌تواند در پیش‌بینی تغییرات جمعیت آنها و همچنین تصمیم‌گیری در ارائه راهکارهای مدیریتی کارساز باشد.

آگاهی از دماهای کاردینال جوانه‌زنی، یکی از نیازمندی‌های اصلی در رسیدن به این هدف است. چرا که توانایی پیشگویی زمان خروج گیاهچه‌های علف‌های هرز می‌تواند در تعیین زمان مطلوب عملیات کنترل علف‌های هرز، توسعه کارایی استراتژی‌های کنترل، کاهش استفاده از علف‌کش از طریق مدیریت تلفیقی علف‌های هرز مؤثر باشد (Buhler, 2000). مطالعات مختلفی در زمینه تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز انجام شده است. از جمله نوزوروسی و اولیورا (Norsworthy and Oliveira, 2006) گزارش نمودند که بهترین جوانه‌زنی بذور گیاه نیلوفر وحشی گونه *Ipomoea lacunosa* L. در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد رخ داد. ریزاردی و همکاران (Rizzardi et al., 2009) دمای پایه، بهینه و سقف گیاه (*Ipomoea triloba* L.) را به ترتیب ۹، ۲۷ و ۲۱ درجه سانتی‌گراد برآورد نمودند.

جوانه‌زنی بذر بسیاری از علف‌های هرز در دمای متناوب در مقایسه با دمای ثابت، افزایش می‌یابد. چوهان و آبوکو (Chauhan and Abugho, 2012) دریافتند که در *Ipomoea triloba* L.، بیشترین درصد جوانه‌زنی در شرایط تاریکی کامل در دمای متناوب

در پتانسیل‌های ۰/۳- و ۰/۴- مگاپاسکال حدود ۱۰ درصد بود. همچنین نتایج مطالعه‌ای که چوهان و آبوقو (Chauhan and Abugho, 2012) روی گیاه *Ipomoea triloba* L انجام دادند، نشان داد که پتانسیل اسمزی لازم برای بازدارندگی ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذور این گونه از نیلوفر ۰/۳۵- مگاپاسکال می‌باشد و با این حال حتی برخی از بذرها در پتانسیل اسمزی ۰/۶- مگاپاسکال نیز قادر به جوانه‌زنی بودند. مواکر (Moacyr, 1996) گزارش نمود که با کاهش پتانسیل اسمزی از جوانه‌زنی بذور گونه *Ipomoea asarifolia* Roem and Schult (Desr.) نامبرده اظهار داشت که کاهش پتانسیل اسمزی علاوه بر کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش قابل توجهی یافت.

با توجه به افزایش دامنه گسترش گونه‌های مختلف جنس *Ipomoea* و شیوع آن به عنوان یکی از مهمترین علف‌های هرز مزارع سویای استان گلستان، شناخت بیشتر این گیاهان و بررسی واکنش جوانه‌زنی بذر آن در برابر عوامل محیطی الزامی بوده و می‌تواند گام موثری در تدوین یک راهکار مدیریتی مناسب در مهار این گیاه باشد. از این رو در این تحقیق به مطالعه واکنش جوانه‌زنی بذر این گیاه در برابر تغییرات دما و پتانسیل آب پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی در ۴ تکرار مدیریت حفظ نباتات استان گلستان در سال ۱۳۹۲ اجرا گردید. بذور نیلوفروحشی در مهر ماه سال ۱۳۹۱ از مزارع سویای اطراف شهرستان گرگان جمع آوری شدند. بعد از بررسی‌های اولیه مشخص شد که بذره‌های این گیاه دارای رکود هستند.

۱۵:۲۵ و ۲۵:۳۵ درجه سانتی‌گراد رخ داد. سینگ و همکاران (Singh et al., 2012) در تحقیقی که بر روی گیاه *Ipomoea purpurea* (L.) Roth انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که بیشترین میزان جوانه‌زنی بذور این گیاه (۸۹ درصد) در دمای متناوب ۱۵:۲۵ و ۲۰:۳۰ درجه سانتی‌گراد رخ داد. نامبردگان بیان کردند که جوانه‌زنی بذور این گیاه در تناوب دمایی ۱۲/۵:۲۰ به ترتیب به ۶۷ و ۷۴ درصد رسید و در دماهای کمتر از ۱۲/۵:۲۰ و بیشتر از ۲۵:۳۵، میزان جوانه‌زنی بذور به ترتیب کمتر از ۱۰ و ۲۰ درصد بود. جی هان جیاسورلیا و همکاران (Gehan-Jayasurlyya et al., 2009)، گزارش نمودند که با قرار گیری بذور خراش‌دهی شده (*Ipomoea lacunosa* L.) در دماهای متناوب ۶:۱۵ درجه سانتی‌گراد، میزان جوانه‌زنی بذور به بیش از ۹۰ درصد رسید، در حالی که در هر کدام از این دماها به تنهایی میزان جوانه‌زنی بذور کمتر بود. تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل ناتوانی بذور جهت جوانه‌زنی در شرایط مزرعه است، زیرا این تنش سرعت و درصد جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد و در نهایت استقرار گیاهچه را به تأخیر می‌اندازد (Springer, 2005). نورزوری و اولیورا (Norsworthy and Oliveira, 2006) گزارش کردند که کاهش پتانسیل اسمزی محلول سبب کاهش درصد جوانه‌زنی *Ipomoea lacunosa* L. گردید به طوری که میزان جوانه‌زنی بذور در پتانسیل ۰/۱- مگاپاسکال حدود ۹۶ درصد بود که مشابه شرایط بدون استرس بود. هنگامی که پتانسیل محلول به ۰/۲- مگاپاسکال رسید جوانه‌زنی بذور به ۸۲ درصد کاهش یافت. سینگ و همکاران (Singh et al., 2012) در مطالعه خود روی گیاه *Ipomoea purpurea* (L.) Roth دریافتند که در تنش اسمزی ۰/۱- و ۰/۲- مگاپاسکال جوانه‌زنی به ترتیب ۹۰، ۵۰ و ۲۵ درصد و

$$R50=1/D_{50} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، $R50$ سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) را نشان می‌دهد.

به‌منظور کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی به دما و تعیین دماهای کاردینال از مدل زیر استفاده شد (Soltani *et al.*, 2008):

$$R50 = f(T) R_{max} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه $f(T)$ تابع دما است که از صفر در دمای پایه و سقف تا ۱ در دمای مطلوب تغییر می‌کند و R_{max} حداکثر سرعت ذاتی جوانه‌زنی در دمای مطلوب است. بنابراین، $1/R_{max}$ حداقل ساعت تا جوانه‌زنی را در دمای مطلوب نشان می‌دهد که همان تعداد ساعت بیولوژیک مورد نیاز برای جوانه‌زنی می‌باشد.

برای بررسی واکنش جوانه‌زنی بذرها به دما در پتانسیل‌های مختلف تابع دمایی دو تکه‌ای مورد استفاده قرار گرفت (Soltani *et al.*, 2008):

معادله تابع دو تکه‌ای به‌صورت زیر است (رابطه ۳):

$$f(T) = (T - T_b) / (T_o - T_b) \text{ if } T_b < T \leq T_o$$

$$f(T) = (T_c - T) / (T_c - T_o) \text{ if } T_o < T < T_c$$

$$f(T) = 0 \text{ if } T \leq T_b \text{ or } T \geq T_c$$

در این روابط T دمای متوسط روزانه (دمای آزمایش)، T_b دمای پایه، T_o دمای مطلوب، T_c دمای سقف بر حسب درجه سانتی‌گراد است.

هم‌چنین به‌منظور ارزیابی اثر پتانسیل آب در کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر نیلوفر وحشی، از مدل لجستیک سه پارامتری استفاده شد (رابطه ۴).

$$Y = G_{max} / [1 + (X/X_{50})^b] \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن Y درصد جوانه‌زنی، G_{max} حداکثر درصد جوانه‌زنی، X_{50} مقدار متغیر لازم جهت ۵۰ درصد بازدارندگی حداکثر جوانه‌زنی و b نشانگر شیب کاهش جوانه‌زنی در اثر افزایش غلظت پلی‌اتیلن‌گلیکول می‌باشد (Kiyani *et al.*, 2016; Chauhan *et al.*, 2002).

برای غلبه بر رکود بذرها از تیمار اسید سولفوریک غلیظ به مدت ۲۵ دقیقه استفاده شد (Kiyani *et al.*, 2016) تیمارهای مورد بررسی شامل دما در هفت سطح (۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) و پتانسیل آب در شش سطح (۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱- مگاپاسکال) بودند.

همچنین در این مطالعه اثر دماهای متناوب (۱۰:۲۰، ۱۵:۲۵، ۲۰:۳۰ و ۲۵:۳۵ درجه سانتی‌گراد) بر تغییرات درصد جوانه‌زنی این گیاه در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تکرار مورد مطالعه قرار گرفت.

هر واحد آزمایشی شامل یک عدد پتری دیش به قطر نه سانتی متر بود. برای هر سطح تیمار ۲۵ عدد بذر سالم شمارش و در هر یک از پتری دیش‌ها به‌طور یکنواخت بر روی کاغذ صافی قرار گرفتند و به هر یک از آنها ۵ میلی‌لیتر از محلول مورد نظر اضافه شد. پتانسیل‌های مختلف آب براساس فرمول میچل و کافمن (Michel and Kaufman, 1973) و با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ تهیه و برای سطوح تنش خشکی شاهد نیز از آب مقطر استفاده شد. بذور درون پتری‌دیش‌ها روزانه و تا ثابت شدن جوانه‌زنی، شمارش شدند.

برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی و سبز شدن بذور از برنامه Germin استفاده شد (Soltani and Madah, 2010). سپس تجزیه واریانس صورت گرفت. این برنامه زمان لازم برای رسیدن به ۵ (D_5)، ۱۰ (D_{10})، ۵۰ (D_{50})، ۹۰ (D_{90}) و ۹۵ (D_{95}) درصد حد-اکثر جوانه‌زنی و سبز شدن را محاسبه می‌کند. این برنامه این پارامترها را برای هر تکرار و هر تیمار بذری از طریق درون‌یابی خطی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌کند. سرعت جوانه‌زنی (در ساعت) از طریق فرمول زیر محاسبه شد (Soltani *et al.*, 2002).

(Norsworthy and Oliveira, 2006).

سووانکتنيكوم و جولاکازویی (Suwanketnikom and Julakasewee, 2004) گزارش کردند که بذر *Ipomoea obscura* (L.) Ker. Gawl. در دماهای بین ۱۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد بالای ۹۰ درصد جوانه‌زنی داشت. همچنین هوراکس و واکس (Horax and Wax, 1991) در تحقیق خود دریافتند که گیاه هرز *Ipomoea pandurata* L. در دماهای ۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد جوانه زد و در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بیشترین جوانه‌زنی را داشت.

روند تغییرات جوانه‌زنی بذر نیلوفر وحشی در پتانسیل مختلف آب در هر سطح دمایی در شکل (۱) نشان داده است. این روندها در واکنش به دما و پتانسیل آب نشان دهنده الگوهای متفاوت جوانه‌زنی در دماها و پتانسیل‌های مختلف است.

درصد جوانه‌زنی نیلوفرو وحشی با افزایش دمای متناوب، افزایش یافت. بیشترین درصد جوانه‌زنی با ۸۴ درصد در دمای متناوب ۲۵:۳۵ درجه سانتی‌گراد بدست آمد. با این‌حال، درصد جوانه‌زنی دماهای متناوب ۱۰:۲۰، ۱۵:۲۵ و ۲۰:۳۰ درجه سانتی‌گراد، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و فقط با دمای ۲۵:۳۵ درجه سانتی‌گراد دارای تفاوت معنی‌داری بودند (شکل ۳). دمای متناوب به‌عنوان یک مکانیسم سنجش فضای باز و سنجش عمق عمل می‌کند. تغییرات درجه حرارت روزانه با عمق خاک کاهش یافته و همچنین، در زیر سایبان پوشش گیاهی بسیار پایین‌تر است. دمای متناوب، نشان‌دهنده این است که بذر در عمق سطحی خاک قرار گرفته و پوشش گیاهی وجود ندارد (Fenner and Thompson, 2005).

(2006).

تجزیه و تحلیل آماری پارامترهای مورد بررسی به صورت تجزیه مرکب و مقایسه میانگین با استفاده از روش LSD به کمک نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. برای مدیریت داده‌ها و ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel و Sigma plot استفاده شد.

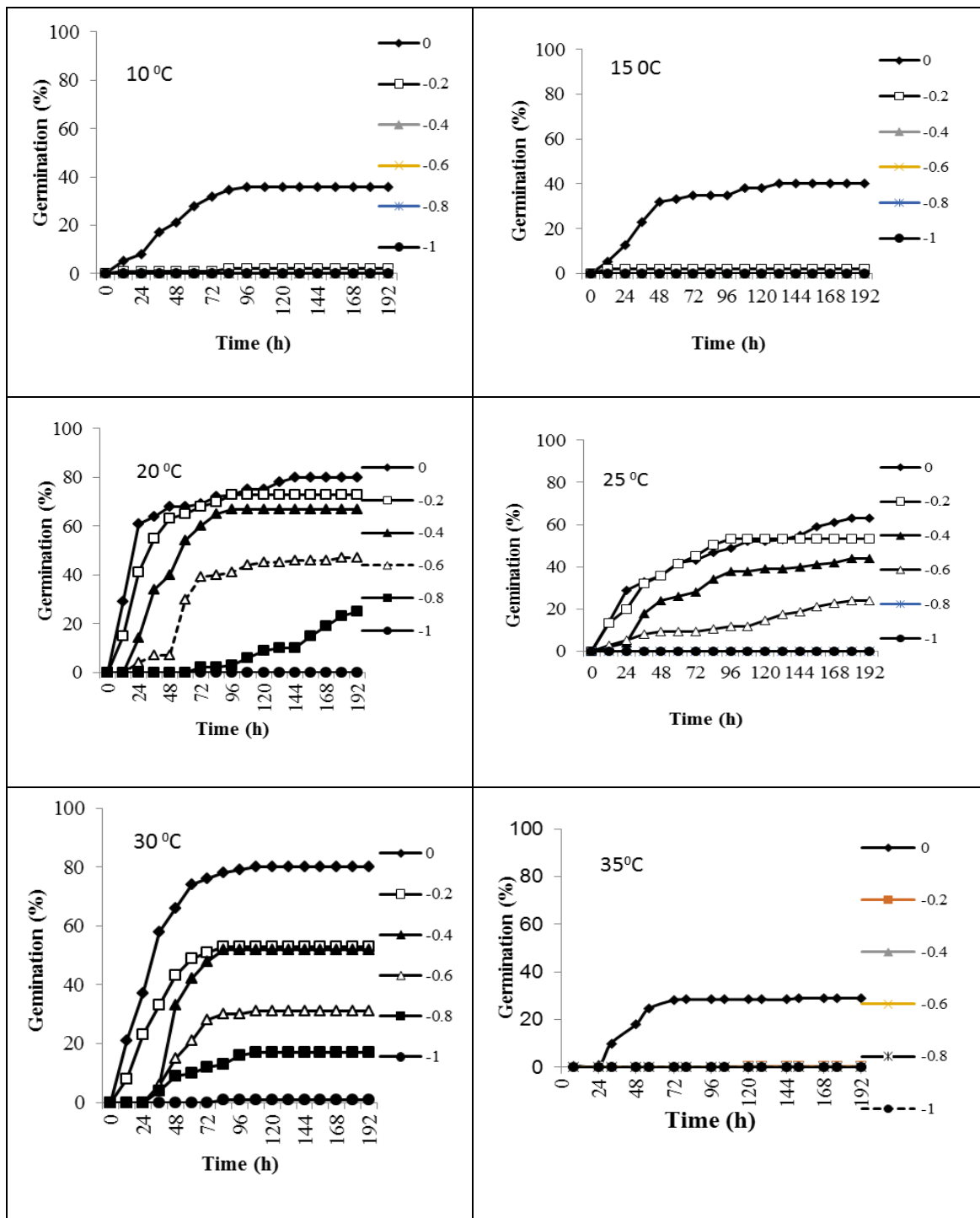
نتایج و بحث

در دماهای ۱۰، ۱۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد روند جوانه‌زنی در تیمار شاهد کاملاً متفاوت با تیمارهای مختلف پتانسیل آب بود. در دماهای ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد، افزایش تنش خشکی باعث تأخیر در شروع جوانه‌زنی گردید. در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد، بذرها در تیمار شاهد از هشت ساعت بعد از شروع آزمایش، جوانه‌زنی خود را آغاز کردند، درحالی‌که در سطوح پتانسیل ۰/۴- و ۰/۶- مگاپاسکال، بذرها در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲۴ و ۳۲ ساعت پس از شروع آزمایش جوانه‌زدند.

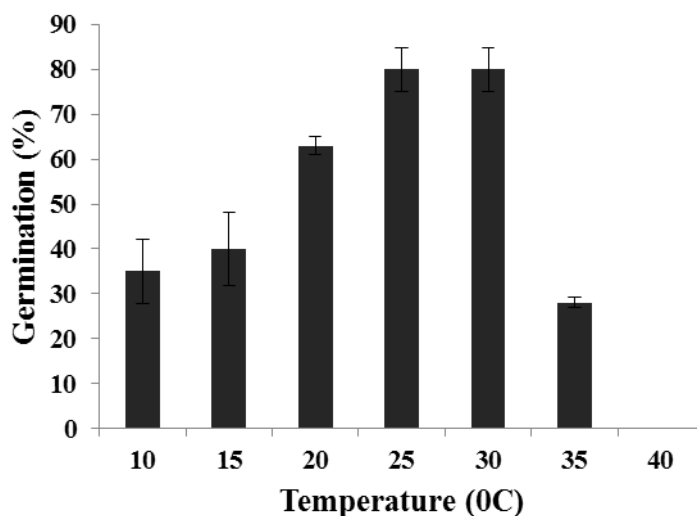
دما تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بر درصد جوانه‌زنی بذر نیلوفرو وحشی داشت. بذرها از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد شروع به جوانه‌زنی کردند و با افزایش دما به ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بر درصد جوانه‌زنی افزوده شد (درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، تفاوت معنی‌داری با دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نداشت) و پس از آن کاهش یافت و هیچ جوانه‌زنی در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده نشد (شکل ۲). تأثیر دماهای ثابت بر جوانه‌زنی گونه‌های مختلف نیلوفرو وحشی توسط چندین محقق مورد بررسی قرار گرفته است.

Ipomoea lacunosa L. در دامنه دمایی

۷/۵-۵۲/۵ درجه سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی بود



شکل ۱- درصد جوانه‌زنی تجمعی نیلوفروحشی در پتانسیل‌های مختلف آب (0، -0.2، -0.4، -0.6، -0.8، -1 و -1 مگاپاسکال) و در دماهای مختلف
 Fig1- Cumulative germination percentage of tall morning-glory at different water potentials (0, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1 MPa) at different temperatures.

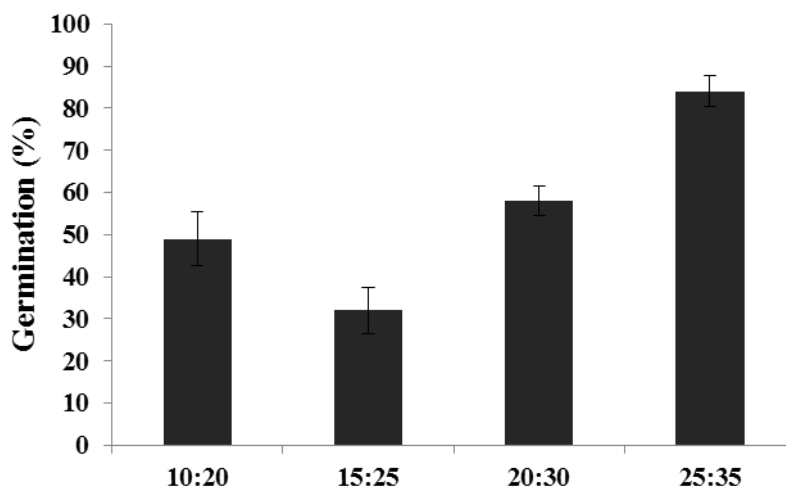


شکل ۲- درصد جوانه‌زنی نیلوفروحشی در دماهای مختلف در تیمار شاهد (بدون تنش)

Fig2- germination percentage of tall morning-glory at different temperatures in control treatment (without stress).

درجه سانتی‌گراد به کمتر از ۱۰ درصد کاهش یافت
(Singh et al., 2012).

در دمای *Ipomoea purpurea* (L.) Roth
متناب ۱۵:۲۵ و ۲۰:۳۰ درجه سانتی‌گراد بالای ۸۰
درصد جوانه زد و جوانه‌زنی در دماهای زیر ۱۲/۵:۲۰



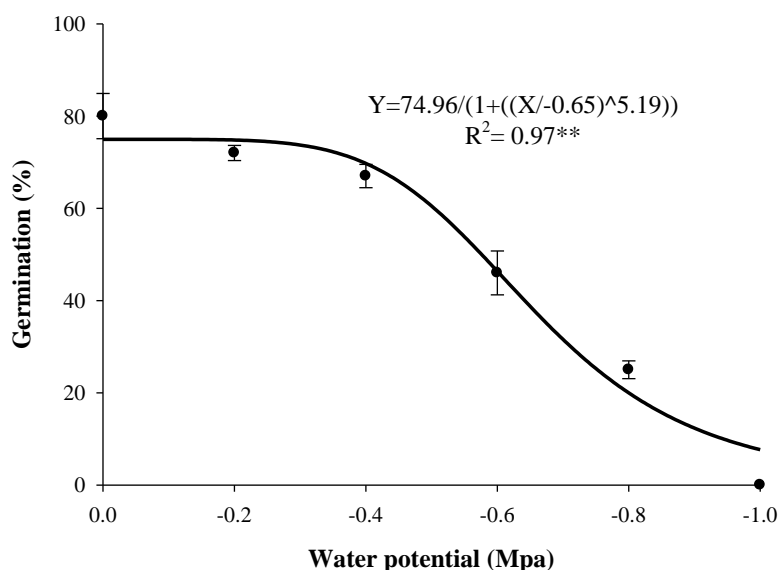
شکل ۳- درصد جوانه‌زنی نیلوفروحشی در دماهای متناب

Fig 3- Germination percentage of tall morning-glory at alternative temperatures

و در پتانسیل آب ۰/۸- مگاپاسکال، کاملاً متوقف شد. آنها بیان کردند که با کاهش پتانسیل آب به ۰/۲- مگاپاسکال، جوانه‌زنی به شدت کاهش یافت که نشان دهنده این است که محیط‌های مرطوب برای جوانه‌زنی این علف‌هرز مناسب است. جوانه‌زنی *Ipomoea pupurea* (L.) Roth. با کاهش پتانسیل آب کاهش یافت و در پتانسیل‌های ۰/۳- و ۰/۴- مگاپاسکال به میزان قابل توجهی کاهش یافت (کمتر از ۱۵ درصد) و در پتانسیل‌های پایین‌تر از آن هیچ جوانه‌زنی مشاهده نشد که نشان‌دهنده حساسیت بالای این علف‌هرز به شرایط خشکی است (Singh et al., 2012).

تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار ($P \leq 0.01$) درصد و سرعت جوانه‌زنی نیلوفروحشی گردید. با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱- مگاپاسکال، درصد جوانه‌زنی این گیاه از ۸۰ درصد به صفر رسید. با استفاده از مدل لجستیک ۳ پارامتره، پتانسیل آب ۰/۵- مگاپاسکال باعث کاهش ۵۰ درصد جوانه‌زنی این گیاه گردید (شکل ۴).

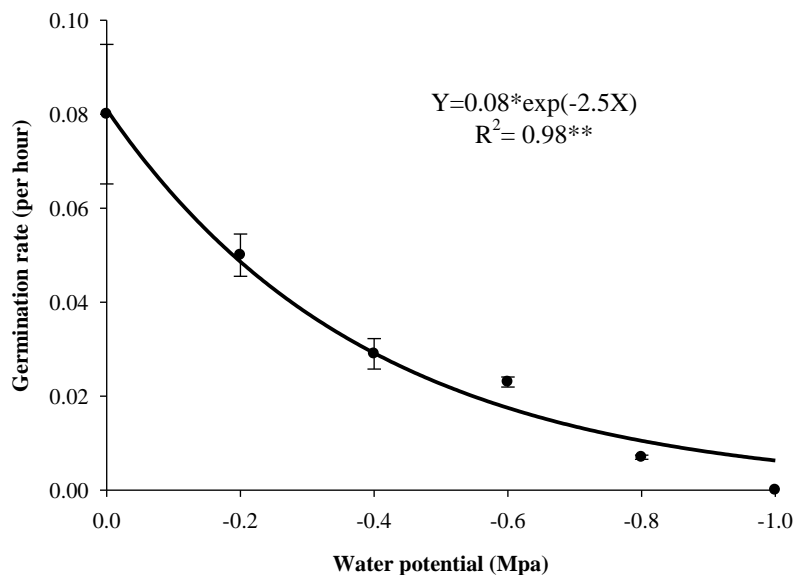
چوهان و آبوکو (Chauhan and Abugho, 2012) گزارش کرده‌اند که درصد جوانه‌زنی بذرهای *Ipomoea triloba* L. با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۰/۶- مگاپاسکال، از ۹۰ به ۶ درصد کاهش یافته



شکل ۴- روند تغییرات درصد جوانه‌زنی نیلوفروحشی در سطوح مختلف پتانسیل آب در دمای مطلوب جوانه‌زنی (۲۵ درجه سانتی‌گراد)
 Fig4- Trend of germination percentage of tall morning-glory at different water potential levels in optimum temperature of germination (25°C)

(Johnston, 1995). با کاهش پتانسیل اسمزی خاک، سرعت جذب آب کند شده و فعالیت‌های متابولیکی مربوط به جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی صورت خواهد گرفت. در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش و سرعت جوانه‌زنی نیز کاهش قابل خواهد

با کاهش پتانسیل آب از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد (شکل ۵). سرعت جوانه‌زنی یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی تحمل به خشکی در مرحله جوانه‌زنی است. زیرا هرچه سرعت جوانه‌زنی بیشتر باشد، شانس سبز شدن تحت شرایط تنش بیشتر خواهد بود (Fernandez and



شکل ۵- روند تغییرات سرعت جوانه‌زنی نیلوفروحشی در سطوح مختلف پتانسیل آب در دمای مطلوب جوانه‌زنی (۲۵ درجه سانتی‌گراد)
 Fig 5- Trend of germination rate of tall morning-glory at different water potential levels in optimum temperature of germination (25°C)

متوقف شد، به طوری که در ۰/۸- مگاپاسکال در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲۵ و ۱۸ درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (جدول ۱). بنابراین، با افزایش دما از ۱۰ به ۳۰ درجه سانتی‌گراد، تأثیر منفی تنش خشکی کاهش یافت و بخشی از بذرها در پتانسیل‌های پایین آب قادر به جوانه‌زنی بودند. براساس این نتایج، وجود اثر متقابل معنی‌دار بین دما و پتانسیل آب نشان دهنده این است که پاسخ جوانه‌زنی نیلوفروحشی به کاهش رطوبت خاک در دماهای مختلف، یکسان نیست. همچنین، با توجه به اختلاف معنی‌دار درصد جوانه‌زنی بین پتانسیل صفر و ۰/۲- مگاپاسکال، می‌توان دریافت که این گیاه به تنش خشکی حساس است. گراندی و همکاران (Grundy *et al.*, 2000) گزارش کردند که منحنی واکنش جوانه‌زنی علف هرز گندمک

یافت (Hoseini and Rezvani-Moghadam, 2006).

درصد جوانه‌زنی نیلوفروحشی تحت تأثیر اثر متقابل دما و پتانسیل آب قرار گرفت. در هر سطح دمایی با افزایش تنش خشکی از جوانه‌زنی کاسته شد. در دماهای ۱۰، ۱۵ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد، جوانه‌زنی فقط در تیمارهای شاهد و پتانسیل آب ۰/۲- مگاپاسکال اتفاق افتاد. درصد جوانه‌زنی در تنش خشکی ۰/۲- مگاپاسکال در این دماها ۲-۰/۵ درصد بود. در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، درصد جوانه‌زنی از ۶۳ درصد در پتانسیل صفر به ۲۴ درصد در تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسکال کاهش یافت و در پتانسیل آب ۰/۸- مگاپاسکال کاملاً بازداشته شد. در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد، جوانه‌زنی در تنش‌های بالاتر خشکی

کمتر از ۰/۵- مگاپاسکال و دما کمتر از ۵ درجه سانتی‌گراد باشد. آنها همچنین بیان کردند که حساسیت درصد جوانه‌زنی به تغییرات پتانسیل آب بسیار بیشتر از دما بود. کبراب و موردچ (Kebreab and Murdoch, 2000) مشاهده کردند که بذره‌های گل جالیز (*Orobanche aegyptiaca* Pers.) در دمای مطلوب در سطوح پایین‌تری از پتانسیل آب جوانه زدند.

(*Stellaria media* L.) به دما در تمامی سطوح تنش خشکی مشابه بود و از یک منحنی سیگموئیدی تبعیت می‌کرد و در همه دماها با کاهش پتانسیل آب، جوانه‌زنی کاهش یافت. وانگ و تانیو (Wang et al., 2005) گزارش کردند که پتانسیل آب و دما بر درصد جوانه‌زنی بذر *Eurotia lunata* (Pursh) Moq. تأثیر معنی‌داری داشتند، به ویژه زمانی که پتانسیل آب

جدول ۱- اثر متقابل دما و پتانسیل آب بر درصد جوانه‌زنی نیلوفر وحشی

Table 1. Interaction of temperature and water potential on germination percent of tall morning-glory

Temperature (0C)							water potential (MPa)
40	35	30	25	20	15	10	
0	28a	80 a	80 a	63 a	40 a	35 a	0
0	0.5 b	53 b	72 b	55 b	2b	2 b	-0.2
0	0 b	52 b	67 b	44 c	0 b	0 b	-0.4
0	0 b	34 c	46 c	24 d	0 b	0 b	-0.6
0	0 b	18 d	25 d	0 e	0 b	0 b	-0.8
0	0 b	0 e	0e	0 e	0 b	0 b	-1

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد ندارند.

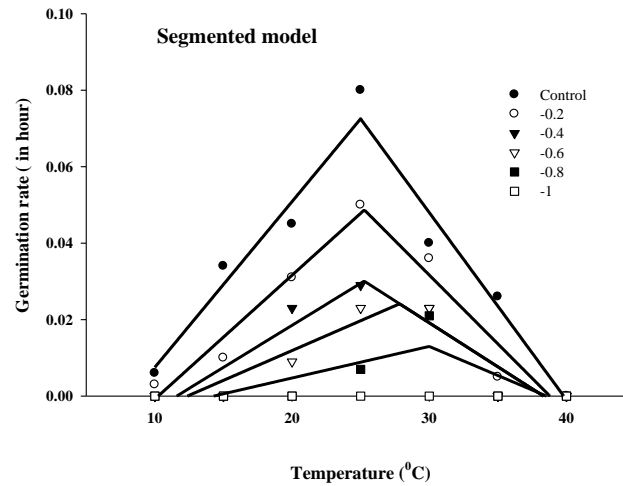
Means within a column followed by the same letters are not significantly different at $\alpha=0.05$ based according to LSD test.

مشخص گردید که با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۰/۸- مگاپاسکال، مقادیر دمای پایه، بهینه و تعداد ساعت بیولوژیک لازم برای شروع جوانه‌زنی افزایش یافته است. اما مقدار دمای سقف تغییر چندانی نداشته است. سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2013) دریافتند که دمای پایه علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) در پتانسیل آب صفر حدود ۲/۹- درجه سانتی‌گراد بود و با کاهش پتانسیل آب دمای پایه به تدریج افزایش یافت و در پتانسیل آب ۰/۶- مگاپاسکال به حدود ۲ درجه سانتی‌گراد رسید.

برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی این گیاه در پتانسیل‌های مختلف آب، مدل دوتکه‌ای به داده‌های سرعت جوانه‌زنی برازش داده شد (شکل ۶). مقادیر برآورد شده پارامترهای مختلف این مدل به تفکیک هر پتانسیل آب نیز در جدول (۲) آمده است. بر اساس این مدل در تیمار شاهد دماهای کاردینال جوانه‌زنی نیلوفر وحشی شامل دمای پایه، بهینه و سقف به ترتیب ۸/۳، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شد و تعداد ساعات بیولوژیک لازم برای جوانه‌زنی آن ۱۴ ساعت تعیین گردید (جدول ۲). با توجه به نتایج جدول (۲)

نامبردگان اظهار داشتند که تغییرات دمای مطلوب نسبت به تغییر پتانسیل آب کمتر از دمای پایه بود. در مطالعه بخشنده و همکاران (Bakhshandeh *et al.*, 2011) مشخص شد که دمای پایه علف هرز گاوپنبه

نامبردگان اظهار داشتند که تغییرات دمای مطلوب نسبت به تغییر پتانسیل آب کمتر از دمای پایه بود. در مطالعه بخشنده و همکاران (Bakhshandeh *et al.*, 2011) مشخص شد که دمای پایه علف هرز گاوپنبه



شکل ۵- رابطه سرعت جوانه‌زنی با دما در پتانسیل‌های مختلف آب با استفاده از مدل دو تکه‌ای

Figure 5-The Relationship between germination rate and temperature at different water potentials using the segmented model

جدول ۲- برآورد پارامترهای دماهای پایه (T_b)، بهینه (T_o)، حداکثر (T_c)، تعداد ساعت بیولوژیک (f_o)، ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) در پتانسیل‌های مختلف آب ناشی از پلی اتیلن گلیکول با استفاده از مدل دو تکه‌ای

Table 2- Estimation of parameters of base (T_b), optimum (T_o) and ceiling (T_c) temperatures, biological hours (f_o), determination coefficient (R^2) and root mean square error (RMSE) at different water potentials due to PEG using the segmented model

RMSE	R^2	f_o	T_c	T_o	T_b	waterpotential (Mpa)
0.007	0.96	13.78(1.10)	39.80(1.39)	24.99(1.84)	8.26(1.92)	0
0.005	0.93	20.54(2.59)	38.79(1.60)	25.27(1.84)	10.24(1.85)	-0.2
0.005	0.83	33.25(7.23)	38.33(2.49)	25.26(2.93)	11.59(2.53)	-0.4
0.005	0.81	41.43(9.12)	38.33(2.19)	27.84(2.75)	12.37(2.93)	-0.6
0.0047	0.64	77.00(9.39)	38.55(3.4)	30.00(6.81)	14.28(6.69)	-0.8

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که جوانه‌زنی بذره‌های نیلوفروحشی از دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد آغاز و در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، کاملاً متوقف شد. از این رو می‌توان این گیاه را در گروه گرمادوست قرار داد. جوانه‌زنی بذر نیلوفروحشی با کاهش پتانسیل آب کاسته شد و در پتانسیل آب ۱- مگاپاسکال کاملاً متوقف شد. با مقایسه درصد جوانه‌زنی بذور این گیاه در پتانسیل‌های صفر و ۰/۲- مگاپاسکال می‌توان گفت که این گیاه نسبت به خشکی

حساس بوده و مناطقی با خاک‌های مرطوب را می‌پسند. بر اساس مدل دوتکه‌ای دماهای پایه، بهینه و سقف جوانه‌زنی این گیاه در تیمار شاهد، ۸، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد برآورد شد و تعداد ساعت بیولوژیک لازم برای جوانه‌زنی ۱۴ ساعت برآورد شد. با توجه به نتایج مشخص گردید که جوانه‌زنی این گیاه تحت تاثیر دماهای متناوب قرار گرفته و بیشترین درصد جوانه‌زنی در دمای متناوب ۲۵:۱۵ درجه سانتی‌گراد به میزان ۸۴ درصد رخ داد.

فهرست منابع

Reference

- Bakhshandeh, E., R. Ghadiryan, S. Galeshi and E. Soltani. 2011.** Modelling the effects water stress and temperature on seed germination of Soybean (*Glycine max* L.) and Velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Med.). Journal of Plant Production. 18: 29-48.
- Buhler, D.D. 2000.** Theoretical and practice challenges to an IPM approach to weed management. Weed Science. 48:274-280.
- Chauhan, B.S. and S.B. Abugho. 2012.** Threelobe Morningglory (*Ipomoea triloba*) Germination and response to herbicides. Weed Science. 60: 199-204.
- Chauhan, B.S., G. Gill and C. Preston. 2006.** Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of Oriental mustard (*Sisymbrium orientale*). Weed Science. 54: 1025-1031.
- Fenner, M. and K. Thompson. 2005.** The Ecology of Seeds. 2nd edn. New York: Cambridge University Press. Pp: 262-410.
- Fernandez, G. and M. Johnston. 1995.** Seed vigor testing in lentil, bean, and chickpea. Seed Science and Technology. 23: 617-627.
- Forcella, F., R.L. Benec-Arnold, R. Sanchez and C.M. Gersa. 2000.** Modeling seeding emergence. Field crop Research. 67:123-139.
- Gehan-Jayasuriya, K.M.G., J.M. Baskin, R.L. Geneve and C. Baskin. 2009.** A Proposed mechanism for physical dormancy break in seeds of *Ipomoea lacunosa* (Convolvulacea). Annals Botany. 103(3):439-449.
- Grundy, A.C., K. Phelps, R.J. Reader and S. Burston. 2000.** Modeling the germination of *Stellaria media* using the concept of hydrothermal time. New Phytologist. 148: 433-444.
- Horax, M.J. and L.M. Wax. 1991.** Germination and seedling development of bigroot morningglory (*Ipomoea pandurata*). Weed Science. 39:390-396.
- Hoseini, H.V., and P. Rezvani-Moghadam. 2006.** Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovate*). Iranian Journal of Field Crops Research. 4(1): 15-22.
- Kebreab, E. and A.J. Murdoch. 2000.** The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanchis aegyptiaca* seeds. Seed Science Research. 10:127-133.
- Kiani, A., A. Siahmarguee and E. Soltani. 2016.** Effects of temperature, salinity, planting depth on seed germination and emergence of morning glory (*Ipomoea* spp.) as invasive weed. Journal of Plant Protection. 29(3): 206-210.
- Michel, B.E. and M.R. Kaufman. 1973.** The osmotic pressure of polyethylene glycole 6000. Plant physiology. 51:914-916.
- Moacyr, B.D. 1996.** Germination and emergence of *Stachytarpheta cayennensis* and *Impopsea asarifolia*. Planta Daninha. 14: 118-126.
- Norsworthy, J.K., M.J. Oliveira. 2006.** Pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa*) germination and emergence as affected by environmental factors and seeding depth. Weed Science. 54:910-916.
- Rizzardi, M.A., A.R. Luiz, E.S. Roman and L. Vargas. 2009.** Effect of cardinal temperature and water potential on morning glory (*Ipomoea triloba*) seed germination. Planta Daninha. 27(1): 13-21.

- Savarnejad, A.R., M. Younesabadi and L. Habibian. 2010.** Determination of the importance degree of weeds in soybean field emphasis in invasive plants in Golestan province. 19th Plant Protection Congress of Iran. p 10.
- Singh, M., A.H.M. Ramirez, D.S. Shiv and J. Amit. 2012.** Factors affecting the germination of tall morning glory (*Ipomoea purpurea*). Weed Science. 60(1):64-68.
- Sohrabi, S., M. Ghanbari, M.H. Rashedmohasel, M. Nasirimahalati and J. Gherekhloo. 2013.** Effect of salinity and Temperature on germination characteristics, seedling growth, water and sodium content of *Cucumis melo* L. Journal of Plant Protection. 27(4): 452-458.
- Soltani, A. and V. Madah. 2009.** Simple Applied programs for Education and Research in Agriculture. Niac Press. 80 p.
- Soltani, A., S. Galeshi, E. Zeinali and N. Latifi. 2002.** Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Science and Technology. 30:51-60.
- Soltani, A., F. Ghaderifar and A. Soltani. 2008.** Model application of germination in response to temperature and water potential on seed science researches. The first Conference on Science and Seed Technology.
- Soltani, E., A. Soltani, S. Galeshi, F. Ghaderi-Far and E. Zeinali. 2013.** Seed germination modeling of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) as affected by temperature and water potential: hydrothermal time model. Journal of Plant Production. 20: 19-32.
- Springer, T.L. 2005.** Germination and early seedling growth of chaffy-seeded grasses at negative water potentials. Crop Science. 45: 2075-2080.
- Suwanketnikom, R. and A. Julakasewee. 2004.** Hard Seededness and Germination of Small White Flower Morning glory. Kasetsart Journal (Nat. Sci.). 38: 425 - 433.
- Stanley, C., E. Agustin, A.C. Gimenez, R.B. York and W.W. John. 2001.** Morning glory (*Ipomoea* spp.) and Large Crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) Control with Glyphosate and 2, 4-DB Mixtures in Glyphosate-Resistant Soybean (*Glycine max*). Weed Technology. 15: 56-61.
- Wang, R., Y. Bai and K. Tanino. 2005.** Seedling emergence of winterfat (*Krascheninnikovia lanata* (Pursh) A.D.J. Meese & Smit) in the field and its prediction using the hydrothermal time model. Journal of Arid Environments. 64: 37-53.