

تأثیر شوری و دما بر جوانه‌زنی بذر گیاه وسمه (*Indigofera tinctoria*)

Influence of Salinity and Temperature on Seed Germination of (*Indigofera tinctoria*)

علی انصوری^{۱*}، حسن شهقلی^۲، منوچهر قلی‌پور^۳ و حسن مکاریان^۴

تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۰/۱۵

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۸/۳۰

چکیده

وسمه (*Indigofera tinctoria*) گیاه ناشناخته‌ای است که اخیراً به دلیل خصوصیات دارویی- صنعتی آن مورد توجه قرار گرفته است. اطلاعات کمی در مورد اثرات دما و شوری بر جوانه‌زنی بذر گیاه وسمه وجود دارد. هدف از این پژوهش بررسی تأثیر دما و شوری بر جوانه‌زنی وسمه بود. به‌همین منظور دو آزمایش مجزا در سال ۱۳۹۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. در آزمایش اول تیمارها شامل دماهای مختلف ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد، و آزمایش دوم شامل ۶ سطح شوری {صفر (شاهد)، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر} از منبع کلرید سدیم در نظر گرفته شد. برای تعیین درصد جوانه‌زنی نسبت به زمان و نیز زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی از توابع دندان‌مانند، دو تکه‌ای، بتا و درجه‌ی دوم استفاده شد. برای انتخاب مدل برتر از میان مدل‌های مختلف شاخص‌هایی همچون پارامترهای معادله‌ی رگرسیون خطی، ضریب تبیین (R^2)، ضریب همبستگی و مجذور میانگین مربعات خطا (RMSD) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بهترین مدل برای توصیف سرعت جوانه‌زنی بذر نسبت به زمان و نیز زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی تابع دو تکه‌ای است. براساس این مدل مقدار دمای پایه، مطلوب و سقف برای جوانه‌زنی به ترتیب ۱۰/۲۷، ۲۸/۲۶ و ۳۹/۵۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. در این بررسی، روز بیولوژیک (تعداد روز موردنیاز برای جوانه‌زنی تحت شرایط دمای مطلوب یا به عبارت دیگر حداقل تعداد روز از آبنوشی تا جوانه‌زنی) ۱/۲۱ بود. کاربرد سطح شوری کم (۲ دسی‌زیمنس بر متر) موجب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و کاهش وزن ریشه‌چه وسمه شد. با افزایش شوری درصد جوانه‌زنی و رشد ریشه‌چه کاهش یافت. همچنین، سطوح بالای شوری سبب کاهش بیشتر رشد ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه شد.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، جوانه‌زنی بذر، دماهای کاردینال، وسمه

۱ و ۲. دانشجویان کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود

۳ و ۴. استادیاران گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود

Email: aliansori98@yahoo.com

*: نویسنده مسئول

جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه از مهم‌ترین مراحل بحرانی در چرخه زندگی گیاه می‌باشد (ویندرا^۱ و همکاران، ۲۰۰۷). جوانه‌زنی یک فرآیند فیزیولوژیکی پیچیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارد (میر و پندلتون^۲، ۲۰۰۰؛ فالی و فنیمور^۳، ۱۹۹۸). دما یکی از عواملی می‌باشد که از طریق تنظیم خواب بر ظرفیت جوانه‌زنی و همچنین بر سرعت جوانه‌زنی بذرهای بدون خواب تأثیر می‌گذارد (کبراب و ماردوچ^۴، ۲۰۰۰). حداکثر درصد جوانه‌زنی در گیاهان در دامنه خاصی از دماها رخ می‌دهد و در پایین‌تر و بالاتر از این دامنه دمایی، درصد جوانه‌زنی به‌طور ناگهانی کاهش می‌یابد. همچنین سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما تا دمای مطلوب جوانه‌زنی، افزایش و بعد از آن کاهش نشان می‌دهد (کبراب و ماردوچ، ۲۰۰۰). برادفورد^۵ (۲۰۰۲) بیان داشت که انعقاد پروتئین‌ها و اختلال در کار غشاها از جمله عواملی هستند که باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی بذور در دماهای بالاتر از دمای مطلوب می‌شوند. تایگرسون^۶ و همکاران (۲۰۰۲) کاهش کارایی متابولیکی بذور را از دیگر عوامل کاهش سرعت جوانه‌زنی در دماهای بالاتر از دمای مطلوب گزارش کردند.

علاوه بر دما، شوری آب و خاک نیز یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه است. شوری یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده بهره‌برداری اقتصادی از زمین‌ها برای تولید گیاهان زراعی است. مشکلی که هم در اقلیم‌های مرطوب و هم در اقلیم‌های خشک وجود داشته و با افزایش سطح زیرکشت زراعت آبی بر اهمیت آن افزوده می‌شود (سزبولس^۷، ۱۹۹۴). براساس یافته‌های تحقیقاتی، اگرچه در معدودی از گیاهان زراعی مانند شبدر سفید (روگرس^۸ و همکاران، ۱۹۹۵) و برنج (پارسون^۹ و همکاران، ۱۹۹۶) حساسیت بیشتر گیاه به شوری در مرحله گیاهچه‌ای در مقایسه با مرحله جوانه‌زنی به اثبات رسیده است ولی به‌طور کلی، در بیشتر گیاهان زراعی، مرحله جوانه‌زنی حساس‌ترین مرحله به تنش شوری تلقی می‌گردد (ساتلان^{۱۰} و همکاران،

۱۹۹۴). شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و در نتیجه کاهش جذب آب و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌هایی همچون سدیم و کلر جوانه‌زنی بذور را تحت تأثیر قرار می‌دهد (پولجاکوف-مایبر^{۱۱} و همکاران، ۱۹۹۴). بعضی از محققین از جمله کرامر^{۱۲} و همکاران (۱۹۹۴) اثر منفی شوری بر جوانه‌زنی گیاهان زراعی را به کاهش پتانسیل اسمزی و بعضی دیگر مانند پرز-آلفوکا^{۱۳} و همکاران (۱۹۹۳) آن را به اثر سمی یون‌ها نسبت داده‌اند.

کشت گیاهان دارویی-صنعتی در حال حاضر شاخه‌ی مهمی از کشاورزی و منبع اصلی استخراج و تولید مواد اولیه برای ساخت داروهای موجود به‌شمار می‌رود. جنس گیاه وسمه (*Indigofera*) متشکل از گونه‌های بسیار زیادی است که حدود ۷۰۰ گونه می‌باشد و در سراسر مناطق استوایی و زیر استوایی آفریقا، آسیا و آمریکا پراکندگی دارد. وسمه (*Indigofera tinctoria* L.) گیاهی دو ساله، متعلق به خانواده بقولات است که اخیراً برای تهیه رنگ طبیعی مورد توجه قرار گرفته است. جنس *Indigofera* در ایران شامل ۵ گونه گیاه درختچه‌ای بوده که در مناطق جنوبی ایران می‌رویند. این گونه‌ها شامل *I. oblongifolia*, *I. argentea* و *Indigofera articulatae* هستند (*I. tinctoria* و *I. intricata* در ایران به‌طور عمده در منطقه جیرفت و کهنوج و همچنین در شهرستان‌های ایران‌شهر و بیم کشت‌وکار می‌گردند. علاوه بر ایران در پاکستان، سیلان، جاوه، عربستان، مصر، هندوستان، مناطق گرم‌ومرطوب آفریقا و سوریه نیز رویش دارد. اجزای تشکیل‌دهنده‌ی مواد مؤثره گیاه وسمه شامل آلکالوئیدها، گلیکوزیدها، فلاونوئیدها، تانن‌ها و ترکیبات فنولیک، ترکیبات معدنی و ترکیبات دیگری همچون خاکستر، خاکستر محلول در اسید، خاکستر محلول در آب و غیره می‌باشد. برگ‌های گیاه وسمه در مصارف اقتصادی به‌عنوان نیل^{۱۴} شناخته شده و این گیاه به‌صورت درختچه با رشد عمودی می‌باشد. عصاره برگ‌ها و پودر آن در بیماری‌های دیابت (نادکارنی^{۱۵}، ۱۹۹۸)، صرع و تصفیه کبد به‌طور گسترده استفاده می‌شود. عصاره آن همچنین در مداوای تنگی نفس، سیاه‌سرفه و تپش قلب مؤثر شناخته

1. Windauer et al.
2. Meyer and Pendleton
3. Foley and Fennimore
4. Kebreab and Murdoch
5. Brodford
6. Thygerson et al.
7. Szaboles
8. Rogers et al.
9. Pearson et al.
10. Catalan et al.

11. Poljakoff-mayber et al.

12. Cramer et al.

13. Perez-Alfocea et al.

۱۴. نیل ماده‌ای است آبی‌رنگ یا نیلی‌رنگ که از برگ‌های گیاه وسمه حاصل می‌شود. به همین دلیل در زبان انگلیسی این رنگ را blue نمی‌نامند بلکه آن را *Indigo* نام‌گذاری می‌کنند.

15. Nadkarni

جوانه‌زنی تجمعی (G) در مقابل زمان (Ti)، پارامترهای آن برآورد گردید: (سلطانی و مددی، ۲۰۱۰).

$$G = a + b \times Ti \quad \text{if } Ti \leq T_{pp} \quad (1)$$

$$G = a + b \times T_{pp} \quad \text{if } Ti > T_{pp}$$

که در آنها a و b پارامترهای تابع، و T_{pp} دمایی که در آن G تغییر روند نشان می‌دهد. با قراردادن ۵۰ به جای G و حل کردن معادله، زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی محاسبه گردید. معکوس داده‌های زمان تا ۵۰٪ جوانه‌زنی به‌عنوان سرعت جوانه‌زنی (R_{50}) در نظر گرفته شد. برای تعیین دماهای کاردینال از رابطه زیر استفاده گردید: (سلطانی و مددی، ۲۰۱۰).

$$R_{50} = f(T) / eo \quad (2)$$

که در آن $f(T)$ تابع دما و eo تعداد روز بیولوژیک (حداقل زمان از آب‌نوشی بذر تا جوانه‌زنی در شرایط دمایی مطلوب) مورد نیاز برای جوانه‌زنی می‌باشد. توابع دمایی ($f(T)$) مورد آزمون به شرح زیر می‌باشند:

- تابع دو تکه‌ای یا تکه‌ای (Segmented function): (سلطانی و مددی، ۲۰۱۰).

$$f(T) = \left(\frac{T - Tb}{To - Tb} \right) \quad \text{if } Tb < T \leq To \quad (3)$$

$$f(T) = \left(\frac{Tc - T}{Tc - To} \right) \quad \text{if } To < T < Tc$$

$$f(T) = 0 \quad \text{if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc$$

- تابع دندان‌مانند (Dent-like function): (سلطانی و مددی، ۲۰۱۰).

$$f(T) = \left(\frac{T - Tb}{To1 - Tb} \right) \quad \text{if } Tb < T < To \quad (4)$$

$$f(T) = \left(\frac{Tc - T}{Tc - To2} \right) \quad \text{if } To2 < T < Tc$$

$$f(T) = 1 \quad \text{if } To1 < T < To2$$

$$f(T) = 0 \quad \text{if } T \leq Tb \text{ or } T \geq Tc$$

- تابع بتا (Beta function): (سلطانی و مددی، ۲۰۱۰).

$$f(T) = \left[\left(\frac{T - Tb}{To - Tb} \times \frac{Tc - T}{Tc - Tb} \right)^{\left(\frac{Tc - To}{To - Tb} \right)^a} \right] \quad (5)$$

- تابع درجه ۲ (Quadratic function): (سلطانی و مددی، ۲۰۱۰).

$$f(T) = \left[(T - Tb) \times (Tc - T) \times \left(\frac{Tc - Tb}{2} \right)^{-2} \right] \quad (6)$$

شده است (بانگر و سالارالایا^۱، ۲۰۱۱). عصاره الکلی حاصل از این گیاه تأثیر مثبتی در درمان بیماری در چونندگان دارد (مالاروانان و دواکی^۲، ۲۰۰۳). همچنین عصاره متانولیک کل اندام گیاه از رشد ویروس ایدز ممانعت می‌نماید (کاویمانی^۳ و همکاران، ۲۰۰۰).

اطلاعات بسیار اندکی در خصوص واکنش این گیاه به عوامل محیطی و مدیریت زراعی وجود دارد. شناخت دماهای کاردینال شامل دمای پایه، مطلوب و سقف به‌همراه بررسی واکنش جوانه‌زنی بذور به دما بسیار مهم می‌باشد. زیرا از این اطلاعات می‌توان در جهت ایجاد مدل‌های پیش‌بینی جوانه‌زنی، انتخاب تاریخ کاشت مناسب، غربال کردن گونه‌ها و ژنوتیپ‌ها برای تحمل به دماهای پایین یا بالا و تعیین نواحی جغرافیایی که در آنجا این گونه‌ها یا ژنوتیپ‌ها بتوانند با موفقیت جوانه‌زده و استقرار یابند، استفاده نمود. بنابراین هدف از این بررسی، تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی و تأثیر شوری بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی گیاه و سمه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و تعیین واکنش جوانه‌زنی بذر و سمه نسبت به تنش شوری و تعیین دماهای کاردینال، دو آزمایش مجزا در سال ۱۳۹۰ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا گردید. در آزمایش اول، تیمارها شامل دماهای ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ و ۴۵ درجه‌ی سانتی‌گراد بود. آزمایش دوم شامل ۶ سطح شوری {صفر (شاهد)، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ دسی‌زیمنس برمتر} از منبع کلریدسدیم و برای هر تیمار دمایی و شوری ۳ تکرار در نظر گرفته شد. ۵۰ عدد بذر برای هر پتری‌دیش انتخاب و بعد از ضدعفونی درون پتری‌دیش‌های یکبار مصرف استریل شده‌ای که در کف آن‌ها یک عدد کاغذ صافی و اتمن بود، منتقل شدند. سپس به هر پتری ۷ میلی‌لیتر آب مقطر یا محلول‌های کلریدسدیم (با توجه به تیمارها) افزوده شد. شمارش بذور جوانه‌زده هر روز صبح و عصر هنگام انجام شد. به‌هنگام شمارش، بذوری جوانه‌زده تلقی می‌شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها ۲ میلی‌متر یا بیشتر بود. شمارش تا هنگامی ادامه یافت که افزایشی در تعداد بذور جوانه‌زده مشاهده نشده و به‌مدت سه روز متوالی تعداد بذور جوانه‌زده در هر پتری ثابت ماند. بعد از برازش تابع زیر روی داده‌های درصد

1. Banagr and Saralaya
2. Malarvannan and Devaki
3. Kavimani et al.

که در آن T: دما، Tb: دمای پایه؛ To: دمای مطلوب؛ To₁: دمای مطلوب پایینی (برای تابع دندان‌مانند)؛ To₂: دمای مطلوب بالایی (برای تابع دندان‌مانند)؛ Tc: دمای سقف و a: پارامتر شکل برای تابع بتا است که انحنای تابع را تعیین می‌کند. تصاویر این توابع در شکل ۱ آورده شده است. برای انتخاب بهترین تابع از میان توابع مورد آزمون، از شاخص‌های آماری استفاده گردید. برای محاسبه سرعت و حداکثر جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی بذرها و جوانه‌زنی تجمعی از برنامه جرمین استفاده شد. این برنامه زمان تا ۵ (D₀₅)، ۱۰ (D₁₀)، ۵۰ (D₅₀)، ۹۰ (D₉₀) و ۹۵ (D₉₅) درصد جوانه‌زنی را از طریق درونیابی منحنی افزایش جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌کند (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۰). سرعت جوانه‌زنی به‌صورت عکس زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (یعنی 1/(D₅₀)) به‌دست آمد و یکنواختی جوانه‌زنی به‌صورت مدت زمان (بر حسب ساعت) از ۱۰ تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی نهایی (یعنی D₉₀-D₁₀) محاسبه شد. کلیه تجزیه‌ها و برآوردها توسط نرم‌افزار SAS انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودار به‌وسیله برنامه Excel استفاده گردید.

نتایج

آزمایش اول

شاخص‌های انتخاب مدل برتر در جدول ۱ آورده شده است. با در نظر گرفتن پارامترهای معادله رگرسیون خطی (a و b) برازش داده شده روی داده‌های برآورده شده توسط تابع دندان‌مانند و دو تکه‌ای مشخص می‌شود که مقدار a در تابع دندان‌مانند کوچک‌تر از آن در تابع دو تکه‌ای می‌باشد. از طرف دیگر، مقدار b برای تابع دندان‌مانند بیشتر از تابع دو تکه‌ای است. به بیان دیگر، در تابع دندان‌مانند نسبت به تابع دو تکه‌ای، a به ۰ نزدیک‌تر و b به ۱ نزدیک‌تر می‌باشد. با در نظر گرفتن خطای استاندارد (Standard error) این آماره‌ها، (نتایج ارایه نشده) تفاوت این دو تابع از لحاظ پارامترهای معادله رگرسیون خطی و در نتیجه انطباق خط رگرسیون با خط ۱:۱ معنی‌دار نبوده و مشابه یکدیگر هستند. نتایج حاصل از برازش معادلات نشان می‌دهد که تابع دو تکه‌ای کمترین مقدار مجذور میانگین مربعات انحرافات (RMSD) در بین توابع دیگر داشت. همچنین بیشترین میزان همبستگی در تابع دو تکه‌ای (۰/۹۹۳۲۸) و کمترین مقدار در تابع بتا (۰/۸۵۵۷۳) حاصل شد.

آزمایش دوم

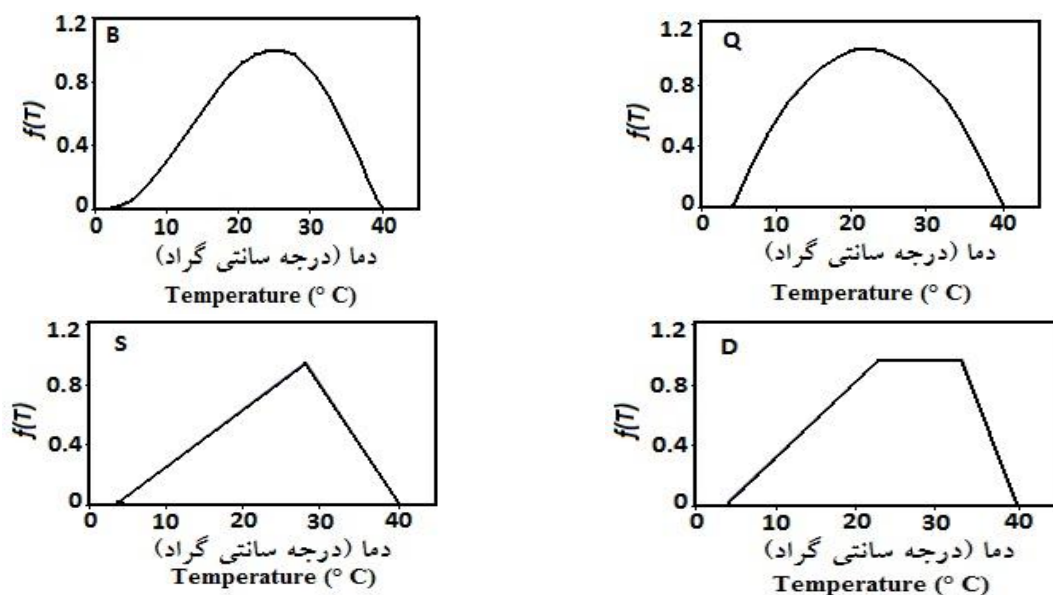
نتایج تجزیه واریانس حداکثر جوانه‌زنی^۱ (G_{max})، سرعت جوانه‌زنی (R₅₀)، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان تا ۵ (D₅)، ۱۰ (D₁₀) و ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D₅₀) بذر گیاه وسمه در جدول (۲) ارایه شده است. بین سطوح شوری از لحاظ زمان تا ۵ و ۱۰ درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و حداکثر جوانه‌زنی در وسمه اختلاف معنی‌داری جود دارد. کاربرد ۲ دسی‌زیمنس بر متر کلریدسدیم موجب کاهش زمان تا شروع جوانه‌زنی شد (جدول ۳). به‌طوری‌که در تیمار ۲ دسی‌زیمنس بر متر، حداکثر جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی را به ترتیب ۵/۳۴ و ۳۶/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳). همچنین در تیمار ۲ دسی‌زیمنس بر متر، زمان تا ۵، ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی به ترتیب ۴۰، ۴۳/۴ و ۶۷/۶ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش داشت. با افزایش سطح شوری به ۳، ۴، ۵ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر نمک کلریدسدیم صفات زمان تا درصد جوانه‌زنی‌ها روند افزایشی نسبت به شاهد داشته و بیشترین مقدار در شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر نمک کلریدسدیم مشاهده شد.

در جدول ۲، تأثیر تیمارهای شوری بر طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن ریشه‌چه بذر گیاه وسمه ارایه شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود این صفات اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند. مشاهده شد که شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را به ترتیب ۸/۳ و ۱۱/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳). با افزایش غلظت نمک طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش معنی‌داری یافت. کاربرد کلریدسدیم سبب کاهش معنی‌دار وزن ریشه‌چه شد. به‌طوری‌که بیشترین مقدار وزن ریشه‌چه مربوط به شاهد (۰/۰۳۱ گرم) بود که با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. کاربرد غلظت ۲، ۳ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر نمک کلریدسدیم به ترتیب ۴۵/۱، ۶۴/۵ و ۶۷/۷ درصد وزن ریشه‌چه بذر وسمه را نسبت به شاهد کاهش داد.

جدول ۱: مجذور میانگین مربعات انحرافات (RMSD)، ضریب همبستگی مقادیر پیش‌بینی شده سرعت جوانه‌زنی با مقادیر برآورد شده آن، و پارامترهای معادله رگرسیون خطی (a و b) برای توابع مورد آزمون

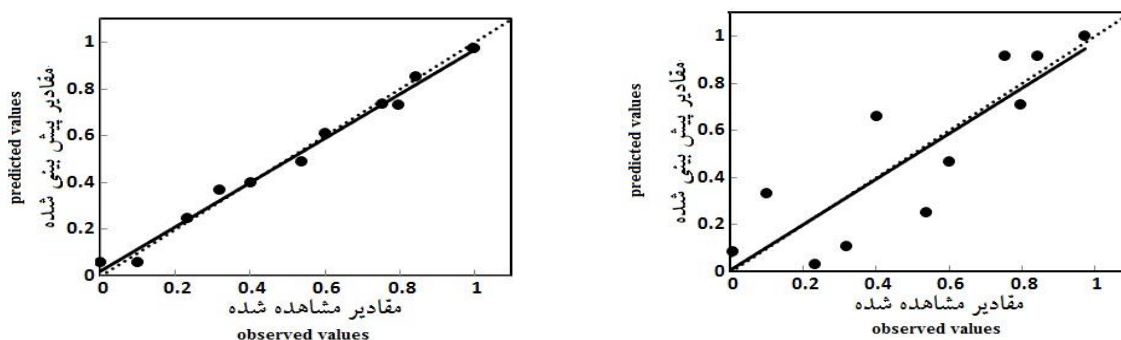
Table 1: The root mean square of deviation (RMSD), correlation between predicted and estimated values of the germination rate, and linear regression equation parameters (a and b) for tested functions

b	a	r	RMSD	تابع دمایی (Temperature function)
0.962428	0.007943	0.85573	0.18765	بتا (beta)
1.089580	0.053423	0.940712	0.165712	درجه ۲ (quadratic)
0.975675	0.012321	0.98776	0.050081	دندان‌مانند (dent-like)
0.956163	0.016729	0.99328	0.038868	دوتکه‌ای (segmented)



شکل ۱: شکل توابع بتا (B)، درجه ۲ (Q)، دو تکه‌ای (S) و دندان‌مانند (D)

Fig. 1: The beta(B), quadratic(Q), segmented(S) and dent-like function(D)



شکل ۲: مقادیر پیش‌بینی شده سرعت جوانه‌زنی در مقابل مقادیر مشاهده شده آن (سمبل‌ها) برای مدل دو تکه‌ای (سمت چپ) و بتا (سمت راست). خط ممتد، خط رگرسیونی و خط نقطه‌چین خط ۱:۱ می‌باشد

Fig. 2: Predicted versus observed values of the germination rate(symbols) for segmentd(left) and beta model(right). Continuous line, regression line and the 1:1 line of punctate

تأثیر شوری و دما بر جوانه‌زنی بذر گیاه وسمه (*Indigofera tinctoria*)

جدول ۲: نتایج جدول تجزیه واریانس برای حداکثر جوانه‌زنی (G_{max})، سرعت جوانه‌زنی (معکوس زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی ($R_{50}=1/D_{50}$))، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان تا ۵ درصد جوانه‌زنی (D_{05})، زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی (D_{10})، زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D_{50})، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن ریشه‌چه در گیاه وسمه تحت سطوح شوری کلرید سدیم

Table 2: Analysis of variance (mean squares) for maximum germination (G_{max}), germination rate ($R_{50}=1/D_{50}$), germination uniformity (GU), time to 5 (D_{05}), 10 (D_{10}), 50% germination (D_{50}), radicle and plumule length, and radicle weight under different levels of NaCl-salinity in Indigo

وزن ریشه‌چه (radicle weight)	طول ساقه‌چه (plumule length)	طول ریشه‌چه (radicle length)	D_{50}	D_{10}	D_{05}	GU	R_{50}	G_{max}	درجه آزادی (df)	منبع تغییرات (S.O.V)
0.001**	463.7**	383.3**	131.3 ^{n.s}	0.00009**	0.001**	463.7 ^{n.s}	383.3**	1425**	5	تیمار (treatment)
0.00012	16.22	7.87	47.2	0.00009	0.00012	16.2	7.8	1062	12	خطا (error)

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد؛ ns غیر معنی‌دار

**, n.s: significance at 1% probability level and not significant, respectively

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های صفات حداکثر جوانه‌زنی (G_{max})، سرعت جوانه‌زنی (معکوس زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی ($R_{50}=1/D_{50}$))، یکنواختی جوانه‌زنی (GU)، زمان تا ۵ درصد جوانه‌زنی (D_{05})، زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی (D_{10})، زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (D_{50})، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن ریشه‌چه در گیاه وسمه

Table 3: Mean comparison for maximum germination (G_{max}), germination rate ($R_{50}=1/D_{50}$), germination uniformity (GU), time to 5 (D_{05}), 10 (D_{10}), 50 germination percentage (D_{50}) and radicle and plumule length, and radicle weight in indigo

طول ریشه‌چه (radicle length [mm])	طول ساقه‌چه (plumule length [mm])	وزن ریشه‌چه (radicle weight [mm])	D_{50} (h) (ساعت)	D_{10} (h) (ساعت)	D_{05} (h) (ساعت)	GU (h) (ساعت)	R_{50} (seed/h) (بذر در ساعت)	G_{max} (%) (درصد)	Treatments
0.031a	25.66b	23.75b	40.49	11.73bcd	6.30c	53.97	0.026b	94.66ab	شاهد (control)
0.017b	28.99a	25.90a	24.15	8.18d	4.50c	54.26	0.041a	100a	۲ دسی‌زیمنس (2 dS/m^1)
0.011b	25.31b	23.35b	35.09	11.23cd	5.96c	53.89	0.028b	89.33b	۳ دسی‌زیمنس (3 dS/m^1)
0.010b	25.96b	22.97b	37.08	14.12bc	10.47b	54.24	0.027b	90.66b	۴ دسی‌زیمنس (4 dS/m^1)
0.010b	23.50b	24.45ab	35.35	16.03ab	13.68ab	52.63	0.028b	81.33c	۵ دسی‌زیمنس (5 dS/m^1)
0.010b	15.22c	13.93c	43.47	20a	16.06a	56.36	0.023b	80c	۶ دسی‌زیمنس (6 dS/m^1)
0.012	2.46	1.71	12.23	4.78	3.74	14.23	0.008	6.04	LSD%

* وجود حرف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد

Within each column means followed by the same letters are not significantly different at 5%

بحث

شکل ۲ تصاویر مقایسه‌ای توابع دو تکه‌ای و بتا از لحاظ قدرت پیش‌بینی سرعت جوانه‌زنی آورده شده است که حاکی از اختلاف فاحش آنها می‌باشد. مقدار دمای پایه جوانه‌زنی برآورده شده توسط تابع دو تکه‌ای ۱۰/۲۷ درجه سانتی‌گراد بود. دمای مطلوب و سقف به-ترتیب ۲۸/۲۶ و ۳۹/۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌دست آمد. در این بررسی، روز بیولوژیک (تعداد روز مورد نیاز برای جوانه‌زنی

نتایج این تحقیق حاکی از آن است که آن چه برتری تابع دو تکه‌ای بر تابع دندان‌مانند و همچنین بر دو تابع دیگر را محرز می‌نماید، برخورداری از کمترین RMSD (مجذور میانگین مربعات انحرافات) و بالاترین ضریب همبستگی می‌باشد. بر همین اساس، این تابع به‌عنوان تابع برتر شناخته می‌شود. در

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد دمای پایه برای جوانه‌زنی بذر گیاه وسمه براساس تابع دو تکه‌ای $10/28$ درجه سانتی‌گراد بود. همچنین دماهای مطلوب و سقف برای این گیاه به ترتیب $26/28$ و $39/50$ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. با توجه به رویشگاه طبیعی این گیاه و دمای پایه ($10/27^{\circ}\text{C}$) محاسبه شده در این آزمایش می‌توان ادعان نمود که این گیاه مخصوص مناطق گرمسیر بوده، و با افزایش دما (تا 40 درجه سانتی‌گراد) رشد این گیاه افزایش می‌یابد. همچنین رشد آن در فصل بهار در مناطقی که این گیاه به‌دلیل سرمای زمستان به کمون می‌رود، موقعی شروع می‌گردد که دمای محیط بر دمای 10°C فزونی یابد. از این یافته‌ها و یافته‌های دیگر می‌توان در ایجاد یک مدل جامع شبیه‌سازی برای این گیاه استفاده نمود.

تحت شرایط دمای مطلوب یا به‌عبارت دیگر حداقل تعداد روز از آبنوشی تا جوانه‌زنی) $1/21$ بود.

از دلایل کاهش رشد گیاه در محیط شور، تجمع یون‌های سمی نظیر سدیم و کلر در بافت‌های گیاهی می‌باشد که سبب کاهش فعالیت‌های آنزیمی و تغییر الگوی توزیع کربوهیدرات‌ها می‌شود (طیبایی عقدایی، ۱۳۷۹). در این بررسی تأثیر شوری کم یعنی ۲ دسی‌زیمنس بر متر بر برخی صفات از جمله G_{\max} ، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه اندکی افزایش یافته به دست آمد. این امر به تأثیر تحریکی پتانسیل‌های پایین اسمزی بر فعال شدن آنزیم‌های هیدرولیز کربوهیدرات‌ها از جمله آلفا آمیلاز و برخی آنزیم‌های دیگر جوانه‌زنی نسبت داده شده است (مظفر و گودین^۱، ۱۹۸۰). در بررسی سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) نیز شوری ضعیف ($0/5$ مگاپاسکل) باعث گردید که وزن خشک گیاه‌چه دو وارسته گندم مورد بررسی آنها یعنی زاگرس و تجن بر شرایط عدم وجود شوری افزونی یابد. این درحالی است که در شدت‌های بالاتر تنش، آنها کاهش شدیدی را در وزن خشک گیاه‌چه به دست آوردند. کاهش شدید وزن و طول گیاه‌چه وسمه و همچنین درصد جوانه‌زنی حداکثر (G_{\max}) در شوری ۶ دسی‌زیمنس حکایت از حساسیت قابل توجه این گیاه به شوری دارد. واکنش منفی و شدید گیاهان حساس به شوری توسط محققان زیادی گزارش شده است (به‌عنوان نمونه، اشرف و مک نیلی^۲، ۱۹۸۸؛ همپسون و سیمپسون^۳، ۱۹۹۰).

برای گیاهان هالوفیت نیز تأثیر مثبت شوری ضعیف و در مقابل، تأثیر منفی شوری شدید بر جوانه‌زنی و رشد گزارش شده است. کریمی و همکاران (۱۳۸۳) نشان دادند که با افزایش غلظت شوری جوانه‌زنی آتریپلکس کاهش یافت و غلظت 200 میلی‌مولار نمک کلرورسدیم موجب افزایش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه گردید. آرنای و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه گونه *Salsola abarghuensis* در محلول 200 میلی‌مول کلرورسدیم بیشتر از محلول شاهد شد. همچنین کمترین سرعت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در محلول ۶ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد. در گیاهان مرتعی و زراعی مختلفی نتایج تقریباً مشابهی گزارش شده است (انواری و همکاران، ۱۳۸۸؛ دری و صالحی، ۱۳۸۸؛ خالقی و معلمی، ۱۳۸۸؛ پوراسماعیلی و همکاران، ۱۳۸۴؛ گورهام^۴، ۱۹۹۶).

1. Mozafar and Goodin
2. Ashraf and McNeily
3. Hampson and Simpson
4. Gorham

منابع

- آرانی، م. ا.، خانیکی، ب. غ.، نعمتی، ن. و سلطانی، م. (۱۳۸۹)، بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی و بنیه بذر در سه گونه مرتعی (*Salsola arbuscula*, *Salsola yazdiana*, *Salsola abarghuensis*)، تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۸(۲): ۲۶۷-۲۷۹.
- انواری، س. م.، مهدی‌خانی، ه.، شهریاری، ع. و نوری، غ. (۱۳۸۸)، اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی هفت گونه مرتعی. فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۶: ۳۶۲-۳۷۳.
- پوراسماعیل، م.، قربانعلی، م. و خاوری‌نژاد، ر. (۱۳۸۴)، اثر شوری بر روی جوانه‌زنی، وزن خشک و تر، محتوای یونی، پرولین، قند محلول و نشاسته گیاه *Suaeda fruticosa* بیابان، ۱۰: ۲۱۶-۲۲۴.
- خالقی، ا. و معلمی، ن. (۱۳۸۸) تأثیر سطوح مختلف شوری و دما بر جوانه‌زنی بذر گیاه تاج خروس *Celosia argentea*. تولیدگیاهی، ۱: ص ۱۴۹.
- دری، م. ع. و صالحی، م. (۱۳۸۸) جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه چهار توده اسفرزه در واکنش به تنش شوری. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان جنگلی و مرتعی، ۳۴: ۲۹۵-۳۰۳.
- کریمی، ق.، حیدری شریف‌آباد، ح. و عصاره، م. ح. (۱۳۸۳)، اثرات تنش شوری بر جوانه‌زنی، استقرار گیاهچه و محتوای پرولین در گونه *Atriplex verrucifera*. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۲: ۴۱۹-۴۳۲.
- مظفریان، و. ا. (۱۳۸۵)، فرهنگ نام‌های گیاهان ایران. انتشارات فرهنگ معاصر، تهران، ۷۴۰ صفحه.
- Ashraf, M. and McNeily, T. 1988. Variability in salt tolerance spring wheat cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science, 160: 14-21.
- Bangar, V. A. and Saralaya, M. G. 2011. Anti-hyperglycaemic activity of ethanol extract and chloroform extract of *Indigofera tinctoria* leaves in streptozotocin induced diabetic mice (Family- Papilionaceae). Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2(1): 445-455.
- Bradford, K. J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science, 50: 248-260.
- Catalan, I., Balzarini, Z., Talesnik, E., Sereno, R. and Karlin, U. 1994. Effect of salinity on germination and seedling growth of *Prosopis flexuosa* (D.C). Forest Ecology and Management Journal, 63: 347-357.
- Cramer, G., Alberico, G. J. and Schmidt, C. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. Australian Journal of Plant Physiology, 21: 675-692.
- Foley, M. E. and Fennimore, S. A. 1998. Genetic basis for seed dormancy. Seed Science Research. 8: 173-179.
- Hampson, C. R. and Simpson, G. M. 1990. Effects of temperature, salt and osmotic pressure on early growth of wheat (*Triticum aestivum*). Germination. Canadian Journal of Botany, 68: 524-528.
- Gorham, J., 1996. Mechanisms of salt tolerance of halophytes. In: Halophytes and biosaline agriculture. Eds. R. Choukr-Allah, C.V. Malcom and A. Hamdy, pp. 31-53, Marcel Dekker, Inc. New York.
- Kavimani, S., Jaykar, B., De Clercq, E., Pannecouque, C., Witvrouw, M. and De Clercq, E. 2000. Studies on anti-HIV activity of *Indigofera tinctoria*. Hamdard Medicus, 43(1): 5-7.
- Kebreab, E. and Murdoch, A. J. 2000. The effect of water stress on the temperature range for germination of *Orobanches aegyptiaca* seeds. Seed Science Research, 10: 127-133.
- Malarvannan, L. and Devaki, T. 2003. Protective effect of *Indigofera tinctoria* on tissue antioxidant defence system against D-galactosamine and endotoxin-induced hepatopathy in rats. Journal of Natural Remedies, 3(1): 49-53.
- Mayer, A. M. and Poljakoff-Mayber, A. 1989. The germination of seeds, 4th ed. Pergamon press, Oxford.
- Meyer, S. E. and Pendleton, R. L. 2000. Genetic regulation of seed dormancy in *Purshia tridentate* (Rosaceae). Annals of Botany, 85: 521-529.
- Mozafar, A. and J. R. Goodin. 1986. Salt tolerance of two different drought tolerance wheat genotypes during germination and early seedling growth. Plant and Soil, 96: 303-316.
- Nadkarni, K. M. 1998. Indian Medicinal Plants and Drugs-with their Medicinal Properties and Uses. Asiatic Publishing House New Delhi. 450p.
- Pearson, G. A., Ayers, A. D. and Ebrehard, D. L. 1966. Relative salt tolerance of rice during germination and early seedling development. Soil Science, 102: 151-156.
- Perez-Alfocea, F. M. T., Estan Caro, M. and Bolarin, M. 1993. Responses of tomato cultivars to salinity. Plant Soil, 69: 25-31.
- Poljakoff-mayber, A., Somers, G. F., Werker, E. and Gallagher, J. I. 1994. Seeds of *Kosteletzkye virginica* (Malvaceae), their structure, germination and salt tolerance. American Journal of Botany, 81: 54-59.
- Rogers, M. E., Noble, C. L., Halloram, G. M. and Nicolas, E. 1995. The effect of NaCl on the germination and early seedling growth of white clover (*Trifolium repens* L.) populations selected for high and low salinity tolerance. Seed Science Technology, 23: 277-287.
- Soltani, A., Gholipoor, M. and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany, 55: 195-200.

- Soltani, A. and Maddah, V. 2010. Simple applied programs for education and research in agronomy. ISSA Press, Iran, 80p. (In Persian)
- Szaboles, I., 1994. Soils and salinization. In Handbook of plant and crop stress. (ed. M. Pessarakli), pp. 1-12, Marcel Dekker, New York.
- Thygerson, T., Harris, J. M., Smith, B. N., Hansen, L. D., Pendleton, R. L. and Booth, D. T. 2002. Metabolic response to temperature for six populations of winterfat (*Eurotia lanata*). *Thermochimica Acta*, 394: 211-217.
- Windauer, L., Altuna, A. and Benech-Arnold, R. 2007. Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination response to priming treatments. *Indust Crops Products*, 25: 70-74.

Influence of Salinity and Temperature on Seed Germination of *Indigofera tinctoria* L.

Ansori^{1*}, A., Shahgholi², H., Gholipour³, M. and Makarian⁴, H.

Abstract

Indigo is an unknown plant for most of people, and recently has derived attention due to its industrial and medical properties. There is scarce information about its seed germination response to temperature and salinity. This study was conducted to determine the effects of temperature and salinity stress on seed germination of Indigo. Therefore, two separate experiments were performed at the college of agriculture, Shahrood University of Technology, in 2011. In the first and second experiments germination response of seeds were determined over a wide range of temperatures (10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C.) and salinities (0 (control), 2, 3, 4, 5 and 6 dS/m⁻¹) respectively. The regression models fitted to the data of cumulative germination percent against time, and then time to 50% germination were dent-like, segmented, beta and quadratic functions. Based on indices like RMSD (root mean square of error), correlation coefficient (R²), and linear regression parameters, the segmented function was the best model to describe seed germination as a function of cumulative germination percent against time, and then time to 50% germination. The base, optimum and ceiling temperatures were 10.27, 28.26 and 39.50 °C, respectively. The biological days (the minimum number of days required for germination under optimum temperature conditions) tended to be 1.21. Application of low salinity levels (2 dS/m⁻¹) increased the percentage and rate of germination, roots and shoots length and decreased roots and shoots weight of indigo. Also, with increasing salinity levels the percentage of germination and root growth was decreased. Higher levels of salinity decreased indigo root growth more than shoot growth.

Keywords: Salinity stress, Seed germination, Cardinal temperatures, Indigo

1 and 2. M.Sc. students Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahrood University of Technology, Shahrood
3 and 4. Assistant professors Department of Agronomy and Plant Breeding, Shahrood University of Technology, Shahrood

*: Corresponding author

Email: aliansori98@yahoo.com