

کمی سازی آستانه تحمل جوانه زنی بذر گیاه کنار رملیک (*Ziziphus nummularia* L.) به تنش شوری در دماهای مختلف

فاطمه پیرمرادی^۱، دکتر عبدالمهدی بخشنده^۲، دکتر سید امیر موسوی^۳، دکتر محمد حسین قرینه^۴، دکتر علی مشتقی^۵

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
 ۲. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
 ۳. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، شهرستان باوی، ایران
 ۴. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
 ۵. استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
- (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۰۷)

چکیده

به منظور بررسی اثر همزمان دما و تنش شوری بر ویژگی های جوانه زنی گیاه کنار رملیک آزمایشی به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۱۳۹۸ انجام شد. عامل اول تنش شوری (غلظت های صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی مولار) و عامل دوم دما (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی گراد) بود. نتایج آزمایش نشان داد که جوانه زنی در در دمای ۵ و ۱۰ درجه سانتی گراد، جوانه زنی در هیچ کدام از سطوح شوری اتفاق نیفتاد. در همه تیمارهای دمایی، با افزایش غلظت شوری از جوانه زنی و رشد گیاهچه کاسته شد. حد آستانه تحمل به شوری جوانه زنی بذر کنار رملیک در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد، غلظت ۱۷۳ میلی مولار شوری بود که با افزایش دما از ۲۵ به ۳۵ درجه سانتی گراد، حد آستانه به ۱۵۰ میلی مولار کاهش یافت. بیشترین ویژگی های جوانه زنی کنار رملیک در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد ایجاد شد. با توجه به این که کنار رملیک قادر به تکمیل جوانه زنی در ۲۵۰ میلی مولار نمک بود، این گیاه در مرحله جوانه زنی، به عنوان نیمه متحمل به تنش شوری ارزیابی می شود.

کلمات کلیدی: بینه بذر، شاخص جوانه زنی، درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی.

Quantification of Tolerance Thresholds of Ramlik (*Ziziphus nummularia* L.) Seed Germination to Salinity Stresses at Different Temperatures

F. Pirmoradi¹, A.M. Bakhshandeh², S. A. Moosavi³, M. H. Gharineh⁴, A. Moshatati⁵

1. Master student of seed science and technology, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
 2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
 3. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.
 4. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.
 5. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
- (Received: Nov. 15, 2021 – Accepted: Feb. 26, 2022)

Abstract

In order to investigate the combined effects of temperature and salinity stress on seed germination properties of ziziphus (Ramlik), a factorial experiment conducted at seed technology laboratory of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan in 2019. The experiment was arranged as complete block design with three replications. First factor was salinity (0, 50, 100, 150, 200, 250 and 300 mM) and second factor was temperature (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C). Results of the experiment revealed that there was no seed germination in 5 °C, 10 °C at all salinity treatments. Seed germination and seedling growth were declined at all temperature treatments by the increase in salinity concentrations. Salinity tolerance threshold of Ramlik at 25 °C was 173 mM but as temperature increased to 35 °C, it declined to 150 mM. The highest seed germination properties of Ramlik were observed at 25 °C. Increase in salinity led to a lower seed germination rate. As Ramlik seeds were capable to complete their germination at 250 mM salinity, this plant is categorized as semi saline tolerant tree during the seed germination stage.

Keywords: Seed vigor, Stress, Germination index, Germination percentage, Germination rate

مقدمه

ایران از نظر تنوع زیستی کشوری غنی بوده و دارای انواع گونه های گیاهی با ارزش از نظر غذایی و دارویی است (Noroozi et al., 2019). درختان جنس گنار (*Ziziphus spp.*) از درختان مقاوم به شرایط نامناسب محیطی نظیر گرما و خشکی بوده و این ویژگی آن ها را به گیاهانی مناسب جهت پوشش مجدد زمین های تخریب شده تبدیل کرده است (Saied et al., 2008). یکی از این گونه های با ارزش و کمتر شناخته شده، نوعی گنار به نام رملیک (*Z. nummularia* Burm) بوده که به صورت خودرو، توده ای و بعضاً انفرادی در مناطق گرم و خشک مانند نواحی شرقی و جنوبی ایران رشد می کند (Khakdaman et al., 2007). گنار رملیک، به دلیل دارا بودن میوه با ارزش غذایی بسیار بالا، در تأمین امنیت غذایی مناطق روستا نشین و تأمین انواع ویتامین ها و عناصر ضروری آن ها نقش بسزایی دارد (Chandra, 1994). همچنین، گیاه رملیک، علوفه ای با کیفیت برای دام های مناطق بیابانی مانند شتر، گوسفند و بز تولید می کند. بنابراین از اهمیت بسیار بالای اقتصادی و اجتماعی برخوردار است (Akath and Meghwal, 2020). بسیاری از گونه های جنس *Ziziphus* حاوی ترکیبات ضد سرطانی مانند بتولینیک اسید هستند (Mukherjee et al., 2006). از سوی دیگر، گیاه رملیک با جلوگیری از فرسایش می تواند باعث پایداری خاک شود (Karimian and Heshmati, 2017). شوری، از جمله تنش های محیطی است که در بخش وسیعی از مناطق خشک و نیمه خشک جهان منجر به محدودیت تولید و کاهش عملکرد می شود. این تنش رشد و نمو گیاه را از طریق ایجاد خشکی فیزیولوژیکی، سمیت ناشی از جذب یون های سدیم و کلر و در نتیجه عدم تعادل عناصر ضروری گیاه، مختل می نماید (Isaywnkov and Maathuis, 2019). مطالعات انجام شده روی گیاه گنار (*Ziziphus spina-christi*) نشان داد که تنش شوری ۸۰

میلی مولار، سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد برگ و میزان کلروفیل گیاهچه ها گردید (Sohail et al., 2009). مطالعه انجام شده در شرایط تنش شوری روی گیاه گنار رملیک نشان دهنده کاهش معنی دار مساحت کانوپی، تاج پوشش و عملکرد گیاه بود (Hooda et al., 2015). در پژوهش دیگری، گزارش گردیده است که تنش شوری سبب کاهش سرعت سبز شدن، کاهش سطح برگ و ماده خشک گیاهچه گنار رملیک گردید. همچنین مشخص گردید که در شرایط تنش شوری، الگوی انباشت یون ها تغییر و غلظت پتاسیم در بافت ها افزایش یافت (Bhatt et al., 2008).

جوانه زنی یکی از اساسی ترین مراحل زندگی گیاهان محسوب می شود (Bewley, 1997; Nimbalkar et al., 2020). جوانه زنی بذر از عوامل زیستی (نوع گونه) و غیر زیستی (دما) تأثیر می پذیرد (Larsen et al., 2004; Zhang et al., 2020). انتظار می رود که با تغییرات اقلیمی در آینده دماهای بسیار پائین یا بسیار بالا نیز در طبیعت رخ دهد (Khan and Qaiser, 2006; Blackport and Screen, 2020; Bai et al., 2021). تغییراتی می تواند به طور معنی داری جوانه زنی را تحت تأثیر خود قرار دهد (Walck et al., 2011; Mondoni et al., 2012). دما یکی از اصلی ترین عوامل تأثیرگذار بر جوانه زنی بذرهاست (Bewley and Black, 1994; Verma et al., 2010). دما می تواند بر اثر تنش شوری روی جوانه زنی بذرها اثر گذار باشد. به عنوان مثال، گزارش شده است که رخداد تنش شوری در دماهای پائین شدت آسیب بیشتری برای جوانه زنی بذر *Halopyrum mucronatum* ایجاد می کند (Khan and Ungar, 2001). بنابراین تأثیر همزمان شوری و دما بر جوانه زنی بذر هنوز به خوبی شناخته نشده است (Fernandez et al., 2015; Lin et al., 2018). گیاهان معمولاً در پاسخ به تنش شوری و دماهای نامطلوب، راهبردهای مختلفی را انتخاب می کنند که شامل تنظیم

خوزستان جمع‌آوری و با قارچ کش تیرام (غلظت دو در هزار) ضدعفونی شدند. در این پژوهش از ظروف پتری‌دیش یکبار مصرف (به قطر ۱۰ سانتی‌متر) استفاده شد که داخل هر کدام دو لایه کاغذ صافی واتمن شماره یک ضدعفونی شده به‌عنوان بستر کشت قرار گرفته بود. جهت سترون کردن، کلیه ظروف به همراه کاغذ صافی و پیپت‌ها به مدت دو ساعت در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار دو اتمسفر قرار گرفتند. جهت ایجاد تنش شوری از نمک کلرید سدیم آزمایشگاهی با خلوص ۱۰۰ درصد با فرمول شیمیایی (سدیم کلرید سدیم کلرید) ساخت شرکت مرک آلمان استفاده شد. داخل هر پتری‌دیش ۲۵ عدد بذر سالم قرار داده، سپس پنج میلی‌لیتر محلول شوری با غلظت مورد نظر به هر پتری‌دیش اضافه شد. به‌منظور جلوگیری از تبخیر محلول‌ها، درب پتری‌دیش‌ها توسط نوار پارافیلیم مسدود گردید. سپس پتری‌دیش‌ها طی یک دوره هفت روزه در ژرminatور با دماهای تنظیم شده و ۱۲ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی با رطوبت ۷۰ درصد قرار داده شدند. بذرهای جوانه‌زنی به‌طور روزانه شمارش شدند. منظور از بذرهای جوانه‌زده، بذرهایی است که چنین پس از آغاز رشد خود پوشش خود را شکافته و نمایان باشند و ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر از بذر خارج شده باشد. شمارش تازمانی ادامه یافت که افزایشی در تعداد بذور جوانه زده در سه شمارش متوالی مشاهده نشد. صفت درصد جوانه‌زنی نهایی (FGP)^۱ از تعداد بذرهای جوانه‌زده تقسیم بر تعداد بذرهای کشت شده و ضربدر ۱۰۰ محاسبه گردید.

شاخص سرعت جوانه‌زنی (GRI)^۲ از رابطه ۱ محاسبه شد (Esechie, 1994).

$$\text{رابطه ۱: } \text{GRI} = \frac{G_1}{1} + \frac{G_2}{2} + \dots + \frac{G_n}{n}$$

که G_1 ، G_2 و G_n به ترتیب تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز اول، دوم و روز n ام هستند.

درصد جوانه‌زنی و یا سرعت جوانه‌زنی از طریق تغییر در خواب بذر و یا قابلیت حیات آن‌هاست (Ungar, 1995; Khan *et al.*, 2001; Khan and Ungar, 1998; Shahba *et al.*, 2008; Guan *et al.*, 2009). مطالعه همزمان تنش شوری و دما بر جوانه‌زنی بذر می‌تواند باعث درک عمیق‌تری از رفتار بذرهای در شرایط محیطی متفاوت ایجاد نماید.

برخلاف مطالعات انجام شده روی واکنش جنس‌های مختلف *Ziziphus* به تنش شوری، متأسفانه اطلاعات کمی از میزان و آستانه تحمل به تنش شوری کنار رملیک در مرحله جوانه‌زنی تا به اکنون وجود داشته و در داخل کشور نیز تاکنون گزارشی از واکنش بذرهای کنار رملیک بومی در پاسخ به تنش شوری گزارش نشده است. بنابراین هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر متقابل دما و تنش شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر کنار رملیک لندریس خوزستان بود تا بتوان میزان تحمل این گیاه را در شرایط دمایی مختلف به تنش شوری مورد سنجش و بررسی قرار داد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با هدف تعیین تأثیر دما بر میزان تحمل به تنش شوری گیاه کنار رملیک لندریس خوزستان در سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اول آزمایش، شوری در هفت غلظت (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار) و عامل دوم دما در هشت سطح ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بود. به‌همین منظور، ابتدا بذرهای کنار گونه رملیک از رویشگاه‌های طبیعی دشت دنا و دشت وندا شهرستان هفتکل در استان

¹ Final Germination Percentage

² Germination Rate Index

مدل مورد استفاده شامل سه پارامتر G_{max} : حداکثر جوانه زنی، b : شیب خط و X_0 : غلظتی از تنش شوری که در آن ۵۰٪ از درصد جوانه زنی کاهش یافت بود. تحلیل تجزیه واریانس و مقایسات میانگین به روش توکی و با استفاده از نرم افزار Minitab نسخه ۱۹ انجام شد. برازش مدل سیگموئید با استفاده از نرم افزار Sigmaplot نسخه ۱۴ انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم افزار اکسل ترسیم گردید.

شاخص جوانه زنی (GI) نیز بر اساس رابطه ۲ برآورد گردید (Benech Arnold et al., 1991).

رابطه ۲: $GI = (10 \times n_1) + (9 \times n_2) + \dots + (1 \times n_{10})$
 $n_i =$ آخرین روزی که تمام بذرهای جوانه زدند و $gn =$ تعداد بذرهای جوانه زده در همان روز است.
 شاخص بنیه (VI) نیز با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد که در آن (VI) شاخص بنیه، L_s میانگین طول ساقچه چه (mm) و P_g درصد جوانه زنی کل در پایان آزمایش است (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

نتایج و بحث

درصد جوانه زنی

نتایج جدول تجزیه واریانس داده های آزمایش نشان داد که اثر تنش شوری و دما و اثر متقابل این دو عامل بر درصد جوانه زنی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱).

رابطه ۳: $VI = \frac{L_s \times P_g}{100}$
 واکنش جوانه زنی کنار رملیک به دما تحت شرایط تنش شوری با استفاده از مدل سیگموئید سه پارامتره (رابطه ۴) کمی سازی شد.
 رابطه ۴: $f = G_{max} / (1 + \exp(-(x-x_0)/b))$

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تنش شوری و دما بر ویژگی های جوانه زنی کنار رملیک

Table 1. Analysis of variance the effect of salinity stress and temperature on the seed germination properties of Ramlik

منابع تغییر Source of Variance	درجه آزادی df	درصد جوانه زنی Germination percentage	GRI	GI	طول ریشه چه Root length	طول ساقچه چه Seedling length	شاخص بنیه Vigor index
شوری (S) Salinity	6	0.855**	369.7**	80134**	2.36**	0.373**	21264.0**
دما (T) Temperature	7	1.60**	593.9**	114025**	4.47**	1.59**	29728.5**
S × T	42	0.1**	54.54**	11288.6**	0.31**	0.078**	4033.8**
خطا Error	112	0.0007	0.994	111.2	0.003	0.001	7.30
ضریب تغییرات Coefficient of Variation (%)	-	8.73	18.43	14.04	11.53	13.51	8.41

گردد، در سطوح صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ میلی مولار به ترتیب برابر ۱۸/۶، ۱۳/۳، ۱۲، ۹/۳ و ۹/۳ درصد بود (جدول ۳). نتایج نشان داد که افزایش تنش شوری می تواند

نتایج به دست آمده نشان داد که کنار رملیک قادر به جوانه زنی در دماهای ۵ و ۱۰ درجه سانتی گراد نیست. درصد جوانه زنی بذرهای رملیک در دمای ۱۵ درجه سانتی

³ Germination Index

⁴ Vigor Index

سانتی گراد، از میزان جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری کاسته شد و در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد، جوانه‌زنی به‌طور کامل متوقف گردید. نتایج به‌دست آمده از کمی‌سازی جوانه‌زنی بذر کنار رملیک به تنش شوری و دما با کمک مدل سیگموئیدی سه پارامتره مشخص کرد که بیشترین جوانه‌زنی بذر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد انجام شده بود و کمترین میزان جوانه‌زنی در دمای زیر ۲۰ درجه و تقریباً در دمای ۱۸ درجه سانتی گراد اتفاق می‌افتد (جدول ۲). با افزایش دما، تا دمای ۲۵ درجه سانتی گراد میزان جوانه‌زنی افزایش یافت ولی پس از آن با بالاتر رفتن دما از میزان تحمل به شوری کاسته شد و جوانه‌زنی نیز کاهش یافت. جوانه‌زنی در دمای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد به ترتیب در ۱۷۲/۹ و ۱۴۷/۹ میلی‌مولار به میزان ۵۰ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

بر دمای پایه جوانه‌زنی گیاه کنار رملیک اثر گذار باشد. در شرایط بدون تنش شوری، با افزایش دما از ۲۰ به ۲۵ درجه سانتی گراد، درصد جوانه‌زنی از ۴۵ درصد به ۵۷ درصد افزایش یافت. نکته جالب در بررسی این صفت، افزایش میزان جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار بود و درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۰ و ۲۵ در این سطح از تنش شوری، به ترتیب برابر با ۵۷/۳ و ۶۸/۷ درصد بود. پس از آن با افزایش سطح تنش شوری در تمام سطوح دمایی، درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. با این حال، بیشترین درصد جوانه‌زنی در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار و دمای ۲۵ درجه سانتی گراد مشاهده شد (۷۳ درصد) که با اکثر ترکیب‌های تیماری اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱). بذر کنار رملیک قادر به جوانه‌زنی در سطح شوری ۳۰۰ میلی‌مولار نبود. با افزایش دما به بیش از ۲۵ درجه

جدول ۲- کمی‌سازی پاسخ جوانه‌زنی کنار رملیک به تنش شوری تحت رژیم‌های دمایی مختلف با استفاده از مدل سیگموئیدی سه پارامتره

Table 2- Quantification of seed germination responses of Ramlík to salinity under different temperature regims using three parameter sigmoid model

R ²	X50	Slope	Gmax	دما Temperature
0.88	151.47	-60.21	18	15
0.91	152.80	-46.38	53.73	20
0.96	172.93	-33.48	65.44	25
0.89	170.58	-35.28	55.68	30
0.84	147/97	-47.06	55.50	35

* به دلیل عدم جوانه‌زنی در دمای ۵، ۱۰ و ۴۰ این تیمارها در مدل در نظر گرفته نشدند.

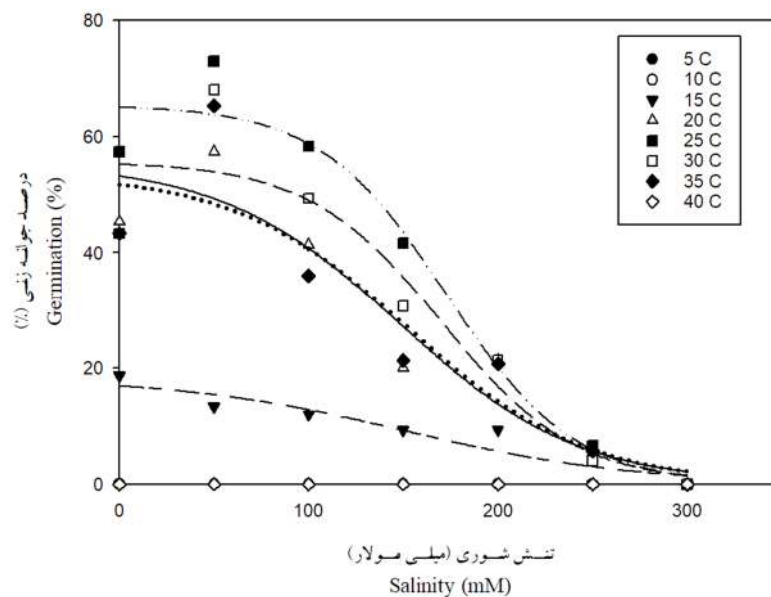
* There was no seed germination at 5, 10 and 40 °C and therefore they were not included in the model construction.

بگذارد که البته افزایش توأم دما و شوری، اثرات منفی شدیدتری بر فرآیند جوانه‌زنی نسبت به اثرات جداگانه هر یک از تیمارهای شوری و دما خواهد داشت (Taize and Zeiger, 1988). در بررسی تأثیر دما روی یکی از گونه‌های کنار (*Ziziphus lotus*)، مشخص شده که دماهای کمتر از ۱۵ درجه سانتی گراد، برای جوانه‌زنی مناسب نبود و بیشترین میزان جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه حاصل شد (Maraghni *et al.*, 2010). دماهای بالاتر از

شوری از طریق افزایش فشار اسمزی و تبع آن کاهش جذب آب توسط بذرها و همچنین از طریق اثرات سمی یون‌های کلر و سدیم جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Rehman, 1996). دمای بالا، علاوه بر کاهش استحکام پیوندهای هیدروژنی و روابط الکترواستاتیک بین گروه‌های قطبی پروتئین‌ها در فاز مایع غشاء که سبب تغییر ساختار غشای سلولی و نشت یون‌ها از سلول می‌گردد، با ممانعت از فرآیند تنفس می‌تواند بر فرآیند جوانه‌زنی اثر منفی

توسط حفظ محتوای بالای اسید آبسزیک درونی، بدون تحت تأثیر قرار دادن محتوای اسید جبرلیک درونی محدود می کند (Toyomasu *et al.* 1993). وقتی گیاهان در دماهای بالا در معرض تنش شوری قرار می گیرند فعالیت آنزیمی سلول مختل شده و سبب محدود شدن فرایندهای فیزیولوژیک ضروری در جوانه زنی بذر می گردد (Al-Khateeb, 2006).

دمای مطلوب جوانه زنی سبب تاخوردگی و تجزیه پروتئین ها و اختلال در کارکرد غشای زیستی شده که به تبع آن جوانه زنی و رشد گیاهچه حاصل را کاهش می دهد (Bradford, 2002). با این حال عدم جوانه زنی در دماهای پایین احتمالاً ناشی از یخزدگی جنین، عدم فعالیت متابولیکی آن و القای خواب در بذر است (Bradbeer, 1988). از طرفی، دمای بالا جوانه زنی بذر را



شکل ۱- برازش مدل سیگموئید سه پارامتره بر داده های جوانه زنی کنار رملیک در شرایط تنش شوری و دمای متغیر

Figure 1- Curve fitting of germination data of Ramlik under combined effect of salinity and different temperature regims using three parameter sigmoid model

تحمل به تنش شوری گردید. بیشترین میزان شاخص سرعت جوانه زنی در دمای ۲۵ درجه و سطح تنش شوری ۵۰ میلی مولار اتفاق افتاد. با افزایش تنش شوری، جوانه زنی کاهش یافت، به طوری که در سطح تنش شوری ۳۰۰ میلی مولار دیگر بذرها قادر به جوانه زنی در هیچ دمایی نبودند. کمترین شاخص سرعت جوانه زنی در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد و بیشترین آن در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد مشاهده شد (جدول ۳). افزایش شوری و همچنین افزایش دما از حد دمای بهینه جوانه زنی منجر به کاهش درصد و سرعت جوانه زنی و نیز سایر مؤلفه های

شاخص سرعت جوانه زنی

اثر شوری، دما و اثر متقابل شوری × دما بر شاخص سرعت جوانه زنی اثر معنی داری ($P \leq 0.01$) داشت (جدول ۱). نتایج نشان داد که در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد، تنش شوری ۵۰ میلی مولار باعث کاهش شاخص سرعت جوانه زنی رملیک شد در حالی که در همین سطح از تنش و دمای ۲۰ درجه سانتی گراد، شاخص سرعت جوانه زنی افزایش پیدا کرد. بنابراین، میزان ۵ درجه تفاوت دمایی از ۱۵ تا ۲۰ درجه، بر شاخص سرعت جوانه زنی در سطح تنش یکسان (۵۰ میلی مولار) باعث ایجاد تفاوت در میزان

جوانه‌زنی بذر رملیک است و در واقع می‌توان این گونه نتیجه گرفت که تا سطح ۵۰ میلی مولار نمک سدیم کلرید تنش شوری به بذر وارد نمی‌شود و به راحتی کنار رملیک این میزان نمک را تحمل می‌کند. با افزایش غلظت شوری به بیش از ۱۰۰ میلی مولار، از توانایی تحمل به تنش شوری کاسته و شاخص جوانه‌زنی بذر رملیک کاهش معنی‌داری پیدا کرد (جدول ۳). تنش شوری باعث کاهش سرعت جوانه‌زنی در بسیاری در بذرهای درختان می‌شود. در مطالعه انجام شده مشخص شد که پاسخ جوانه‌زنی ژنوتیپ *Ziziphus mauritiana* Lamk به تنش شوری با افت شاخص‌های مرتبط با سرعت جوانه‌زنی به دلیل برهم خوردن تعادل یونی به‌خصوص سمیت ناشی از یون سدیم همراه است (Verma et al., 2018). به نظر می‌رسد تنش شوری ابتدا با ایجاد تنش اسمزی و سپس سمیت یونی باعث محدود شدن و آسیب رساندن به رشد و نمو گیاه می‌شود (Sing et al., 2018).

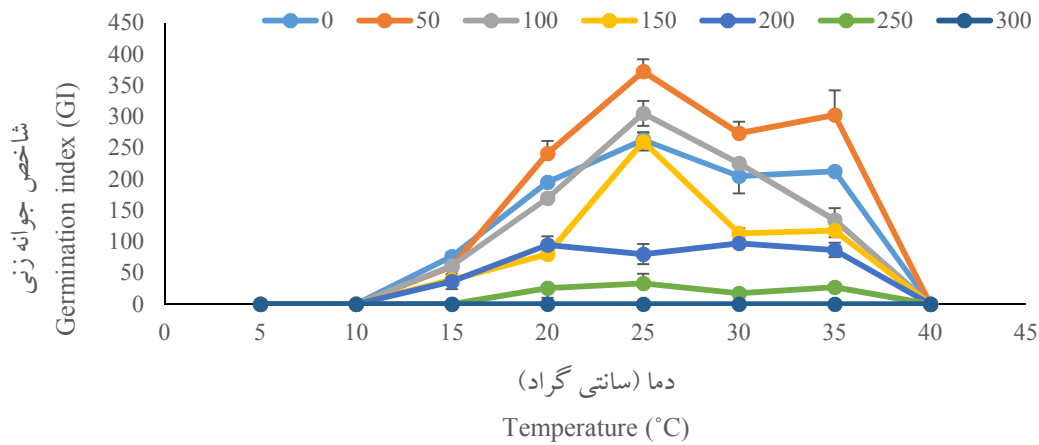
طول ریشه‌چه

بررسی نتایج بدست آمده از جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش بیانگر تأثیر معنی‌دار تنش شوری، دما و اثر متقابل آن‌ها بر طول ریشه‌چه کنار رملیک در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۱). بیشترین طول ریشه‌چه در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (۲/۱۹ سانتی‌متر) که در مقایسه با سطح شوری صفر (شاهد) میلی‌مولار در این دما افزایش معنی‌داری نشان داد (۱/۳۶ سانتی‌متر) (جدول ۳). افزایش سطح شوری سبب کاهش طول ریشه‌چه شد اما تأثیر دما بر طول ریشه‌چه در دماهای مختلف متفاوت بود به‌طوری‌که در سطح شوری ۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌مولار طول ریشه‌چه از دمای ۱۵ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش و سپس کاهش یافت به‌طوری‌که در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به صفر رسید (جدول ۳). شوری باعث سخت شدن دیواره سلولی شده و با کاهش هدایت آب از غشای پلاسمایی سبب کاهش رشد گیاه می‌گردد (Nabil and Coudret, 1995).

رشدی گیاهیچه می‌شود (Parasher and Varma, 1992). علت کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی با افزایش شوری را می‌توان به حضور بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها نسبت داد که علاوه بر ایجاد مسمومیت، با توجه به قابلیت انحلال آنها در آب، پتانسیل آب را نیز کاهش می‌دهند به‌طوری‌که علیرغم وجود آب در محیط به‌علت آن‌ها ظرفیت واکنش آنها در اشغال یون‌های موجود قرار می‌گیرد، گیاه قادر به جذب آب نبوده و به نوعی با کمبود آب مواجه می‌شود (Singh et al., 1988). افزایش دما از حد بهینه دمای جوانه‌زنی، احتمالاً با شروع فرآیندهای پیری در بذر همراه است. کاهش در سرعت جوانه‌زنی ناشی از افزایش دما، ممکن است ناشی از وقفه‌ای باشد که در آغاز فرآیند جوانه‌زنی در بذرهای پیر شده ایجاد می‌شود. این وقفه احتمالاً به این دلیل است که بذر برای ترمیم خسارت‌های وارد شده به غشاء و دیگر قسمت‌های سلول و همچنین آغاز مجدد فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو نیاز به زمان دارد و جبران این خسارت‌ها ممکن است پس از جذب آب توسط بذر امکان‌پذیر شود لذا مدت زمان لازم برای تکمیل فرآیند جوانه‌زنی در بذرهای پیر شده در مقایسه با بذرهای پیر نشده افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش سرعت جوانه‌زنی است (Bailly, 2004).

شاخص جوانه‌زنی

تیمارهای تنش شوری، دما و همچنین اثر متقابل آن‌ها بر شاخص سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال خطای یک درصد اثر معنی‌دار داشتند (جدول ۱). در شرایط عدم تنش شوری، با افزایش دما شاخص جوانه‌زنی افزایش معنی‌داری یافت به‌طوری‌که بیشترین میزان شاخص جوانه‌زنی برابر ۳۶۲/۸ و در دمای ۲۵ درجه حاصل شد. به تدریج با افزایش دما به ۳۰ و حتی بالاتر، شاخص جوانه‌زنی کاهش یافت. تنش شوری ۵۰ میلی‌مولار شاخص جوانه‌زنی را در مقایسه با شرایط بدون تنش افزایش داد (شکل ۲). این نکته نمایانگر تأثیر مثبت سطح کم تنش شوری در بهبود



شکل ۲- برهمکنش تنش شوری و دما بر شاخص جوانه زنی کنار رملیک

Figure 2- Interaction effect of salinity and temperature on Ramlík germination index

جدول ۳- مقایسه میانگین برهم کنش اثر تنش شوری و دما برای برخی مؤلفه های جوانه زنی بذر رملیک

Table 3- Mean comparison of interaction effect of salinity and temperature on some seed germination traits of Ramlík

طول ساقه چه (سانتی متر)	طول ریشه چه (سانتی متر)	GI	GRI	درصد جوانه زنی Germination Percentage	دما (سانتی گراد) Temperature (°C)	شوری (میلی مولار) Salinity (mM)
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	5	0
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	10	
0 ^e	0.5 ⁱ	76 ^{lm}	5.53 ^{klm}	18.66 ^{hij}	15	
0.56 ^{cd}	1.61 ^{cd}	195 ^{fg}	13.46 ^{efg}	45.33 ^{de}	20	
1.11 ^a	1.80 ^b	262.8 ^C	20.96 ^b	57.33 ^c	25	
0.66 ^c	1.36 ^{ef}	212.7 ^{ef}	15.40 ^{def}	43.33 ^{def}	30	
0.50 ^d	1.26 ^f	204.5 ^{fg}	12.92 ^{fg}	43.33 ^{def}	35	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	40	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	5	50
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	10	
0 ^e	0.5 ⁱ	60 ^{mno}	4.80 ^{klm}	13.33 ^{ijk}	15	
0.57 ^{cd}	1.57 ^{cd}	241.33 ^{cde}	16.48 ^{de}	57.33 ^c	20	
1.19 ^a	2.19 ^a	372.2 ^a	25.27 ^a	73 ^a	25	
0.81 ^b	1.52 ^{de}	302.6 ^b	22.15 ^{ab}	68 ^a	30	
0.53 ^{cd}	1.20 ^{fg}	273.3 ^{bc}	20.26 ^{bc}	65.33 ^{ab}	35	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	40	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	5	100
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	10	
0 ^e	0.50 ⁱ	61.33 ^{mn}	4.44 ^{k-m}	12 ^{kl}	15	
0.50 ^d	1.06 ^j	169.3 ^{gh}	11.91 ^{gh}	41 ^{ef}	20	
0.55 ^d	1.73 ^{bc}	305.3 ^b	21.04 ^b	58 ^{bc}	25	
0.54 ^d	1.24 ^{fg}	225.3 ^{efd}	16.26 ^{def}	49 ^d	30	
0.48 ^d	0.66 ^{hi}	134.6 ^{hi}	9.02 ^{hi}	36 ^{fg}	35	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	40	

Table 3- Continued

ادامه جدول ۳

طول ساقه چه (سانتی متر) Shoot length (cm)	طول ریشه چه (سانتی متر) Root length (cm)	GI	GRI	درصد جوانه زنی Germination Percentage	دما (سانتی گراد) Temperature (°C)	شوری (میلی مولار) Salinity (mM)
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	5	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	10	
0 ^e	0.50 ^{hi}	35.66 ^{nop}	2.71 ^{l-o}	9.33 ^{klm}	15	
0.50 ^d	0.63 ^{hi}	80 ^{klm}	5.31 ^{jkl}	21.33 ^h	20	150
0.53 ^d	1.21 ^{fg}	260.2 ^{cd}	16.91 ^{cd}	41.66 ^{def}	25	
0.53 ^d	0.69 ^h	117.5 ^{ij}	11.45 ^{gh}	30.66 ^g	30	
0.50 ^d	0.67 ^{hi}	113.3 ^{ijk}	7.60 ^{ijk}	21.33 ^h	35	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	40	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	5	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	10	
0 ^e	0.50 ⁱ	36 ^{nop}	2.55 ^{l-o}	9.33 ^{klm}	15	
0.50 ^d	0.53 ^{hi}	94.66 ^{j-m}	6.95 ^{ijk}	20 ^{hi}	20	200
0.50 ^d	0.6 ^{hi}	86.66 ^{j-m}	8.60 ^{hij}	20.66 ^{hi}	25	
0.53 ^d	0.50 ⁱ	97.33 ^{jkl}	7.35 ^{ijk}	21.33 ^h	30	
0.50 ^d	0.65 ^{hi}	80 ^{klm}	5.26 ^{jkl}	21.33 ^h	35	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	40	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	5	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	10	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	15	
0.50 ^d	0.50 ⁱ	25.33 ^{opq}	2.37 ^{l-o}	5.33 ^{lmn}	20	250
0.50 ^d	0.61 ^{hi}	27 ^{n-q}	1.78 ^{mno}	5.66 ^{k-n}	25	
0.50 ^d	0.50 ⁱ	33.33 ^{n-q}	3 ^{l-o}	6.66 ^{k-n}	30	
0.50 ^d	0.50 ⁱ	17.33 ^{pq}	1.11 ^{no}	4.00 ^{mn}	35	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	40	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	5	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	10	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	15	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	20	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	25	300
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	30	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	35	
0 ^e	0 ^j	0 ^q	0 ^o	0 ⁿ	40	

اعداد با حروف مشترک در هر ستون از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند.

Numbers with common letters in each column are not statistically significantly different from each other

پایین فعالیت‌های متابولیک بذر به‌طور نسبی کاهش می‌یابد و واکنش‌های گیاهی نمی‌توانند به درستی انجام شوند؛ از طرفی دمای بالا نیز موجب تخریب پروتئین‌ها می‌شود (Gairola *et al.* 2011). با افزایش سطح تنش شوری از جوانه‌زنی بذر کاسته خواهد شد و در مطالعه‌ای که به

خان و اونگار (۱۹۹۶) اعلام نمودند که اثرات مخرب در درجه حرارت‌های بالاتر به‌واسطه بالا رفتن سمیت یونی سدیم و حساس شدن غشای سیتوپلاسمی می‌باشد که می‌تواند خسارات غیرقابل برگشت‌پذیری را به سلول وارد نماید (Khan and Ungar, 1996). همچنین در دماهای

بررسی تأثیر همزمان تنش شوری و دما پرداخته شده بود مشخص گردید که وقوع همزمان دو تنش می تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش رشد گیاهچه داشته باشد (Al-Shoaibi et al., 2020). در پژوهش انجام شده درباره تأثیر تنش شوری بر ژنوتیپ *Ziziphus spina-christi* مشخص شده که تا شوری کم (۵/۸ دسی زیمنس بر متر) کاهش قابل توجهی بر صفات رویشی مشاهده نمی شود اما با افزایش سطح تنش شوری و کاهش قابل توجه تعادل یونی K/Na در برگ ها، از رشد گیاه کاسته خواهد شد (Hesami et al., 2018).

طول ساقه چه

دما، تنش شوری و اثر متقابل این دو متغیر مستقل مورد بررسی در این مطالعه بر طول ساقه چه تحت تأثیر معنی دار سطح احتمال خطای (۰/۰۱ درصد) ایجاد نمودند (جدول ۱). طول ساقه چه در سطح شوری ۵۰ میلی مولار در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد بیشترین مقدار (۱۹/۱ سانتی متر) را داشت که در مقایسه با شوری صفر (شاهد) میلی مولار در این سطح دمایی افزایش نشان داد که البته این افزایش معنی دار نبود (جدول ۲). گزارش شده که علی رغم توانایی جوانه زنی *Z. spina-christi* در دمای سرد (۱۶/۱۰ درجه سانتی گراد) گیاهچه قادر به رشد و فتوسنتز خواهد بود (Zait et al., 2020). مطالعه دیگری که روی *Z. spina-christi* انجام شد مشخص ساخت که به دلیل تجمع اثرات تنش شوری فتوسنتز کم خواهد شد و علت را کاهش هدایت روزنه ای گزارش کردند. همچنین دلیل تحمل کم به دماهای پائین هم کم شدن هدایت روزنه ای اعلام شد (Zait et al., 2019).

شاخص بنیه گیاهچه

تنش شوری، دما و اثر متقابل این دو عامل باعث ایجاد تأثیر معنی داری بر بنیه بذر گیاه کنار رملیک گردید (جدول ۱). شاخص بنیه گیاهچه (وزنی) در سطح شوری ۵۰ میلی مولار در محدوده دمایی ۱۵ تا ۳۵ درجه

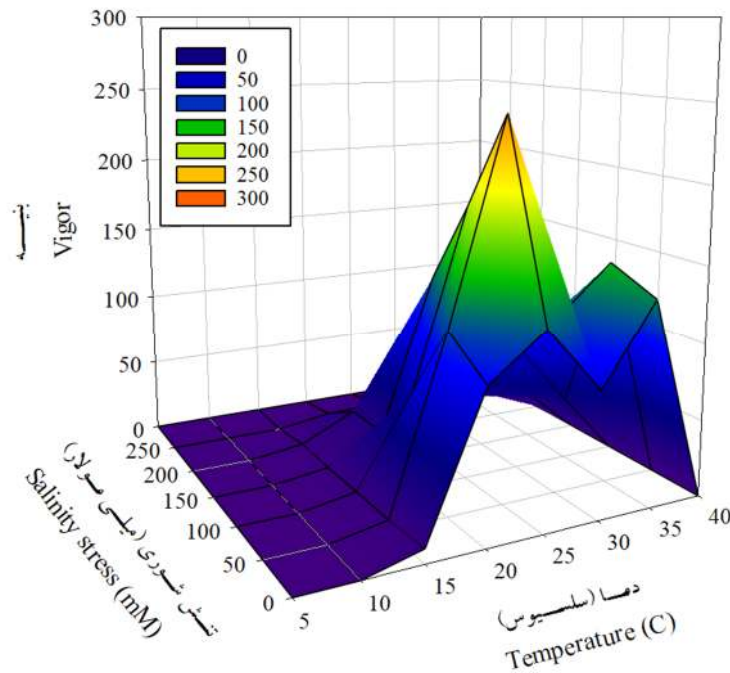
سانتی گراد در مقایسه با سطح شوری صفر (شاهد) میلی مولار در این محدوده دمایی به طور قابل توجهی افزایش یافت به طوری که دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و در سطح شوری ۵۰ میلی مولار بیشترین مقدار را داشت. با این افزایش شوری از ۵۰ میلی مولار به بالا، شاخص بنیه گیاهچه کاهش پیدا کرد. تغییرات ایجاد شده توسط تنش شوری در بنیه، با تأثیر گرفتن از دما همراه بود. در همه سطح شوری (به جز سطح ۳۰۰ میلی مولار که صفر بود)، شاخص بنیه گیاهچه (طولی) تا دمای ۲۵ درجه سانتی گراد با روند افزایشی به حداکثر رسید، سپس با افزایش دما، کاهش یافت به طوری که در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد صفر رسید (شکل ۳). پژوهش انجام شده درباره تأثیر سطوح مختلف سدیم کلرید سدیم کلرید بر رشد و استقرار گیاهچه ژنوتیپ *Z. mauritiana* Lam نشان داد که تنش شوری باعث کاهش سبز شدن گیاهچه، محتوای آبی و پتانسیل آبی اندام های گیاهچه این گیاه می شود. همچنین مشخص شد که علاوه بر تغییر در جذب یون ها ترکیبات بیوشیمیایی گیاهچه مانند پرولین نیز به دلیل تنش شوری تغییر کرده و مقدار آن افزایش یافت (Bhatt et al., 2008). هنگامی که گیاهچه کنار (*Z. mauritiana*) در معرض تنش شوری قرار بگیرد، محتوای آبی، پایداری کلروفیل و غشاء سلولی کاهش پیدا کرد. همچنین تجمع رادیکال های آزاد مانند H_2O_2 و پراکسیداسیون چربی در شرایط تنش شوری افزایش یافت (Agrawal et al., 2013).

نتیجه گیری کلی

نتایج نشان داد که با افزایش دما از ۱۵ درجه جوانه زنی افزایش یافته ولی در دمای بالاتر از ۲۵ به تدریج ویژگی های جوانه زنی کاهش یافت و در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد جوانه زنی متوقف گردید. با افزایش دما، تأثیر نامطلوب تنش شوری نیز تشدید می شود. بر اساس خروجی مدل سیگموندی سه پارامتره، آستانه تحمل به تنش شوری در دمای ۲۵ و ۳۵ درجه سانتی گراد به ترتیب

در خصوص فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانسی بذر صورت گیرد تا بتوان دید جامع‌تری در خصوص علت فیزیولوژیکی تأثیر متقابل دما و زوال بذر بر بنیه بدست آورد.

۱۷۳ و ۱۵۰ میلی‌مولار تخمین زده شد. به‌طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که رملیک قادر به جوانه‌زنی در دماهای کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد نبوده و بهترین دما برای جوانه‌زنی این گیاه، ۲۵ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود تا مطالعه بیوشیمیایی تکمیلی



شکل ۳- روند تغییرات بنیه بذر کنار رملیک تحت تأثیر همزمان دما و تنش شوری

Figure 3- Ramlik seed vigor changes under combined effects of temperature and salinity stress

Reference

منابع

- Abdul-Baki, A.A., and J.D. Anderson. 1973.** Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Sci.* 13(6): 630-633.
- Agrawal, R., S. Gupta, N.K. Gupta, S.K. Khandelwal, and R. Bhargava. 2013.** Effect of sodium chloride on gas exchange, antioxidative defense mechanism and ion accumulation in different cultivars of Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* L.). *Photosynthetica.* 51(1): 95-101.
- Akath, S., and P.R. Meghwal. 2020.** Socio-economic and horticultural potential of *Ziziphus* species in arid regions of Rajasthan India. *Genet. Resour. Crop Evol.* 67(5): 1301-1313.
- AL-Shoaibi, A.A. 2020.** Combined effects of salinity and temperature on germination, growth and gas exchange in two cultivars of *Sorghum bicolor*. *J. Taibah Univ. Sci.* 14(1): 812-822.
- Bai, H., D. Xiao, B. Wang, D.L. Liu, P. Feng, and J. Tang. 2021.** Multi-model ensemble of CMIP6 projections for future extreme climate stress on wheat in the North China plain. *Int. J. Climatol.* 41: 171-186.

- Benech Arnold, R.L., M. Fenner, and P.J. Edwards. 1991.** Changes in germinability, ABA content and ABA embryonic sensitivity in developing seeds of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. induced by water stress during grain filling. *New Phytol.* 118(2): 339-347.
- Bewley J.D. 1997.** Seed germination and dormancy. *The Plant Cell.* 9(7): 1055–1066.
- Bhatt, M.J., A. D. Patel, P.M. Bhatti, and A. N. Pandey. 2008.** Effect of soil salinity on growth, water status and nutrient accumulation in seedlings of *Ziziphus mauritiana* (Rhamnaceae). *J. Fruit Ornament. Plant Res.* 16(1): 383-401.
- Blackport, R., and J. A. Screen. 2020.** Insignificant effect of Arctic amplification on the amplitude of midlatitude atmospheric waves. *Sci. Adv.* 6(8): DOI: 10.1126/sciadv.aay2880.
- Chandra, A.T.U.L., and I.C. Gupta. 1994.** *Arid Fruit Research.* Scientific Publishers, Jodpur, India.
- Esechie, H.A. 1994.** Interaction of salinity and temperature on the germination of sorghum. *J. Agron. Crop Sci.* 172(3): 194-199.
- Fernandez, I.C.D., E. G. Luque, F.G. Mercado, and J. M. Marrero. 2015.** Germination responses of *Limonium insigne* (Coss.) Kuntze to salinity and temperature. *Pak. J. Bot.* 47(3): 807-812.
- Hesami, A., L. Bazdar, and M.H. Shahriari. 2020.** Effect of Soil Salinity on Growth, Proline, and Some Nutrient Accumulation in Two Genotypes Seedlings of *Ziziphus Spina-christi* (L.) Willd. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 51(6): 804-815.
- Hooda, P.S., S.S. Sindhu, P.K. Mehta, and V.P. Ahlawat. 1990.** Growth, yield and quality of ber (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) as affected by soil salinity. *J. Horticult. Sci.* 65(5): 589-593.
- Isayenkov, S.V., and F.J. Maathuis. 2019. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Front. Plant Sci.* 10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080>
- Karimian, V., and G. Heshmati. 2017.** Evaluation effects of Tree and shrub species (*zizyphus spina cristi*, *zizyphus numolaria* and *Astragalus fasciculifolius*) on the Soil Surface Indices in Winter Rangelands (case Study: Khashab Stream Rangelands, Southern Kohgiluyeh and Boyerahmad). *Iranian J. Range. Desert Res.* 24(4): 730-741.
- Khakdaman, H., A. Pourmeydani, and S. M. Adnani. 2007.** Study of genetic variation in Iranian jujube (*Zizyphus jujuba* mill) ecotypes. *Iranian J. Range. For. Plant Breed. Genet. Res.* 14 (4): 202-214.
- Khan, M.A., and M. Qaiser. 2006.** Halophytes of Pakistan: characteristics, distribution and potential economic usages. (ed.). Pp 129-153. In M.A. Khan, B. Boer, G.S. Kust, and H.J. Barth. *Sabkha ecosystems.* Springer, Switzerland.
- Khan, M.A., and I. A. Ungar. 1998.** Seed germination and dormancy of *Polygonum aviculare* L. as influenced by salinity, temperature, and gibberellic acid. *Seed Sci. Technol.* 26(1):107-117.
- Larsen, S.U., C. Bailly, D. Côme, and F. Corbineau. 2004.** Use of the hydrothermal time model to analyse interacting effects of water and temperature on germination of three grass species. *Seed Sci. Res.* 14(1): 35-50.
- Lin, J., X. Hua, X. Peng, B. Dong, and X. Yan. 2018.** Germination responses of ryegrass (annual vs. perennial) seed to the interactive effects of temperature and salt-alkali stress. *Front. Plant Sci.* 9:1458.
- Maraghni, M.G.M.N.M., M. Gorai, and M. Neffati. 2010.** Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Zizyphus lotus*. *S. Afr. J. Bot.* 76(3): 453-459.
- Mondoni, A., G. Rossi, S. Orsenigo, and R.J. Probert. 2012.** Climate warming could shift the timing of seed germination in alpine plants. *Ann. Bot.* 110(1): 155-164.
- Nimbalkar, M.S., N. V. Pawar, S.R. Pai, and G. B. Dixit. 2020.** Synchronized variations in levels of essential amino acids during germination in grain Amaranth. *Rev. Bras. Bot.* 43(3): 481-491.
- Noroozi, J., A. Talebi, M. Doostmohammadi, S. Manafzadeh, Z. Asgarpour, and G. M. Schneeweiss. 2019.** Endemic diversity and distribution of the Iranian vascular flora across phytogeographical regions, biodiversity hotspots and areas of endemism. *Sci. Rep.* 9(1): 1-12.
- Saied, A.S., J. Gebauer, K. Hammer, and A. Buerkert. 2008.** *Zizyphus spina-christi* (L.) Willd: a multipurpose fruit tree. *Genet. Resour. Crop Evol.* 55(7): 929-937.

- Shahba, M.A., Y. L. Qian, and K.D. Lair. 2008.** Improving seed germination of saltgrass under saline conditions. *Crop sci.* 48(2): 756-762.
- Singh, A., A. S. Kumar, A.S. Datta, and R.K. Yadav. 2018.** Evaluation of guava (*Psidium guajava*) and bael (*Aegle marmelos*) under shallow saline watertable conditions *Indian J. Agric. Sci.* 88(5): 720-725.
- Sivalingam, P.N., M.M. Mahajan, V. Satheesh, S. Chauhan, H. Changal, K. Gurjar, D. Singh, C. Bhan, S. Anandan, A. Marathe, and C. Ram. 2021.** Distinct morpho-physiological and biochemical features of arid and hyper-arid ecotypes of *Ziziphus nummularia* under drought suggest its higher tolerance compared to semi-arid ecotype. *Tree Physiol.* 2063-2081.
- Sohail, M., A. S. Saied, J. Gebauer, and A. Buerkert. 2009.** Effect of salinity on Growth and Mineral Composition of *Ziziphus spina-christi* (L.) Willd. *J. Agric. Rural Dev. Tropics Subtropics (JARTS).* 110(2): 107-114.
- Ungar, I.A. 1995.** Seed germination and seed-bank ecology in halophytes. Pp. 599–628. In J. Kigel, and G. Galili (eds.). *Seed development and germination.* New York: Marcel Dekker Inc.
- Verma, S.S., R. P. Verma, S. K. Verma, A. L. Yadav, and A. K. Verma. 2018.** Responses of ber (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) varieties to different level of salinity. *Int J. Curr. Microbiol. Appl.* 7(7): 580-91.
- Walck, J.L., S.N. Hidayati, K.W. Dixon, K.E. Thompson, and P. Poschlod. 2011.** Climate change and plant regeneration from seed. *Glob. Change Biol. Bioenergy.* 17(6): 2145-2161.
- Zait, Y., I. Konsens, and A. Schwartz. 2020.** Elucidating the limiting factors for regeneration and successful establishment of the thermophilic tree *Ziziphus spina-christi* under a changing climate. *Sci. Rep.* 10(1): 1-12.
- Zait, Y., I. Shtein, and A. Schwartz. 2019.** Long-term acclimation to drought, salinity and temperature in the thermophilic tree *Ziziphus spina-christi*: revealing different tradeoffs between mesophyll and stomatal conductance. *Tree physiol.* 39(5): 701-716.
- Zhang, R., K. Luo, D. Chen, J. Baskin, C. Baskin, Y. Wang, and X. Hu. 2020.** Comparison of thermal and hydrotime requirements for seed germination of seven *Stipa* species from cool and warm habitats. *Front. Plant Sci.* 11: 560714.

