

## مقاله پژوهشی

تأثیر پتانسیل آب بر شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر توده‌های مختلف کنار  
(*Ziziphus spina christi*)مهناز منصوری<sup>۱</sup>، علی مرادی<sup>۲\*</sup>، حمیدرضا بلوچی<sup>۳</sup>، الیاس سلطانی<sup>۴</sup>

چکیده مبسوط

مقدمه: بذر مهمترین عامل تولید مثل جنسی در گیاهان است که نقش مهمی در انتقال خصوصیات وراثتی، پراکنش و استقرار گیاه در مناطق مختلف دارد. جوانه‌زنی بذر از مهمترین و پیچیده‌ترین مراحل چرخه زندگی گیاهان می‌باشد که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد. تنش خشکی از موانع اصلی تولید محصولات زراعی، باغی و بومی در بسیاری از نقاط دنیا به‌ویژه مناطق خشک و نیمه خشک، مانند ایران، محسوب می‌شود. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر توده‌های مختلف کنار به عنوان گونه‌ای مرتعی- دارویی و مناسب جهت کنترل فرسایش خاک در مناطق خشک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۷ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل توده‌های بذری کنار جمع‌آوری شده از شهرستان‌های میناب، کازرون، مسجدسلیمان و دهدشت و پنج سطح پتانسیل آبی صفر، ۲-، ۴-، ۶- و ۸- بار بود.

یافته‌ها: در پژوهش حاضر اثر پتانسیل اسمزی، توده و برهمکنش آن‌ها بر شاخص‌های جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، ضریب آلومتری و بنیه طولی) و بیوشیمیایی (پراکسید هیدروژن، پروتئین، پرولین، فعالیت کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز) بذر کنار معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که اثر پتانسیل اسمزی بر تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی ذکر شده به استثنای ضریب آلومتری کاهش بود؛ با افزایش شدت پتانسیل اسمزی محتوای پروتئین‌های محلول بذر روند کاهشی و میزان پرولین، فعالیت کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز روند افزایشی داشت. با افزایش شدت تنش اسمزی طول ریشه‌چه در گیاهچه افزایش چشمگیری داشت که سبب افزایش شاخص ضریب آلومتری گیاهچه شد.

نتیجه‌گیری: شاخص‌های جوانه‌زنی و بیوشیمیایی بذرهای کنار در همه توده‌ها با کاهش پتانسیل اسمزی تغییرات چشمگیری داشتند و کاهش پتانسیل اسمزی با کاهش جوانه‌زنی و قدرت استقرار بذر کنار همراه بود. این نتایج می‌تواند ما را در شناخت پیش‌نیازهای جوانه‌زنی و توسعه سطح جنگل‌های کنار کمک نماید.

واژه‌های کلیدی: پروتئین محلول، تنش خشکی، درصد جوانه‌زنی، ضریب آلومتری، کاتالاز، محتوای پراکسید هیدروژن

جنبه‌های نوآوری:

- ۱- خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای مربوط به چند توده بذری کنار تحت پتانسیل‌های آبی مختلف بررسی شد.
- ۲- جنبه‌های بیوشیمیایی مرتبط با جوانه‌زنی بذر در چند توده کنار ارزیابی گردید.

http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1400.8.1.3.7

DOI: 10.52547/yujis.8.1.1



CrossMark

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی

<sup>۲</sup> دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی

<sup>۳</sup> استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه یاسوج، دانشکده کشاورزی

<sup>۴</sup> استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان بیرونی، دانشگاه تهران

\*رایانامه نویسنده مسئول: [amoradi@yu.ac.ir](mailto:amoradi@yu.ac.ir)

## مقدمه

بذر مهمترین و اساسی‌ترین بخش گیاه است که در سازوکارهای پراکنش، تکثیر و بقای گیاه در شرایط بسیار سخت نقش اساسی دارد (نونوگاکي<sup>۱</sup>، ۲۰۰۶). جوانه‌زنی بذر از مهمترین و پیچیده‌ترین مراحل چرخه زندگی گیاهان می‌باشد که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی نظیر خصوصیات گیاه مادری، رسیدگی بذر، آب، دما و اکسیژن، صدمات مکانیکی و آفات و بیماری‌ها قرار می‌گیرد (فینیچ‌ساویچ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۴؛ وینداور<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). هر عاملی که از طریق کاهش سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی سبب استقرار نامناسب و کاهش تراکم گیاهچه شود، باعث کاهش عملکرد می‌گردد (اسپرینگر<sup>۴</sup>، ۲۰۰۵). از بین عوامل ذکر شده جهت جوانه‌زنی بذر در صورت موجود بودن اکسیژن کافی دما و آب از مهمترین عوامل مؤثر در جوانه‌زنی بذرهای بدون خواب هستند (برادفورد<sup>۵</sup>، ۲۰۰۲).

از معضلات مهم در نواحی که گیاهان با تنش‌های محیطی مانند تنش خشکی مواجه هستند، تأخیر در جوانه‌زنی و استقرار نامناسب گیاهچه به دلیل کاهش پتانسیل آب بذر می‌باشد که از عوامل تعیین کننده عملکرد و زمان رسیدگی هستند.

تنش خشکی به نوعی کاهش پتانسیل آب خاک بوده که معمولاً باعث ایجاد تنش اکسیداتیو می‌شود. انواع اکسیژن‌های فعال می‌توانند بوسیله آسیب‌های اکسیداتیو به چربی‌ها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و آنزیم‌ها سازوکارهای طبیعی بذر را تخریب نمایند. اختلال در جذب آب سبب عدم فعالیت آنزیم‌هایی نظیر آلفا آمیلاز در لایه آلورون بذر شده که تأثیر بسزایی در فرآیند جوانه‌زنی بذر دارد و در نتیجه آن از جوانه‌زنی بذر جلوگیری کرده و اثرات نامطلوبی بر سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه دارد (صوری‌راد<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۱۱). کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر باعث کاهش رشد گیاهچه و تقسیم سلولی

و در ادامه کاهش طول گیاهچه می‌شود (تراوتوین<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۹۷). با افزایش سطح تنش به منظور غلبه بر تنش اکسیداتیو، گیاهان دارای سازوکارهای دفاعی آنتی اکسیدانت آنزیمی و غیرآنزیمی می‌باشند تا انواع اکسیژن فعال را از بین ببرند (دیت<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۰۰؛ انجوم<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). تحقیقات حاکی از آن است که بر حسب شدت تنش، برخی از گیاهان با تولید متابولیت‌های سازگار نظیر اسیدهای آمینه و آنتی اکسیدانت‌های کاتالاز، پراکسیداز، پلی فنل اکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز، آسکوربات پراکسیداز و گلوکاتینون ریداکتاز که هر کدام از آن‌ها برای حفاظت از سلول وظیفه خاصی را ایفا می‌کنند، اثرات تنش اکسیداتیو را کاهش داده و به رشد خود ادامه می‌دهند (چاکرابارتی<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). آنزیم‌های کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در حذف پراکسید هیدروژن نقش مهمی ایفا می‌کنند و هر کدام میل ترکیبی متفاوتی با این نوع گونه فعال اکسیژن دارند. افزایش میزان پرولین در بذر جهت ایجاد تنظیم اسمزی از مسیرهای غیرآنزیمی مقابله با تنش خشکی می‌باشد که پایدارترین اسید آمینه‌ای است که در برابر تنش‌های اکسیداتیو مقاومت کرده و باعث ثبات اجزای سلولی شده و از درشت مولکول‌ها و غشای سلولی محافظت کرده و از این طریق میزان صدمات تنش را کاهش می‌دهد (حسین<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۸). تغییر در تولید و یا تخریب پروتئین محلول سلول‌ها از جمله مراحل متابولیکی است که تحت تأثیر تنش اسمزی قرار می‌گیرد (یاگمور و کایدان<sup>۱۲</sup>، ۲۰۰۸).

در مطالعه‌ای که آران<sup>۱۳</sup> و همکاران (۲۰۱۷) روی شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی در سه رقم انگور (*Vitis vinifera* L.) انجام دادند، گزارش کردند که در اثر افزایش شدت تنش خشکی میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی، ترکیبات فنولی و پرولین افزایش یافته و میزان وزن خشک گیاهچه کاهش یافت. در اثر تنش

<sup>7</sup> Trautwein

<sup>8</sup> Date

<sup>9</sup> Anjum

<sup>10</sup> Chakrabarty

<sup>11</sup> Hussain

<sup>12</sup> Yagmur and Kaydan

<sup>13</sup> Aran

<sup>1</sup> Nonogaki

<sup>2</sup> Finch-Savag

<sup>3</sup> Windauer

<sup>4</sup> Springer

<sup>5</sup> Bradford

<sup>6</sup> Saburi-rad

صورت آزمایشی دو فاکتوره و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار ۲۵ بذری انجام شد. فاکتور اول شامل چهار توده بذری کنار جمع‌آوری شده از شهرستان‌های میناب، کازرون، مسجد سلیمان و دهدشت و فاکتور دوم شامل پنج سطح پتانسیل آبی صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- بار بود. برای ایجاد سطوح پتانسیل اسمزی آب از پلی‌اتیلن گلاکول ۶۰۰۰ بر اساس رابطه میشل و کافمن<sup>۵</sup> (۱۹۷۳) استفاده شد:

(رابطه ۱)

$$\Psi_s = (1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})CT^2$$

در این رابطه  $\Psi_s$  پتانسیل اسمزی بر اساس واحد بار، T دمای محیط کشت بذر براساس درجه سلسیوس و C غلظت پلی اتیلن گلاکول بر حسب گرم بر کیلوگرم آب می‌باشد. در اواخر اردیبهشت ماه ۱۳۹۷ نسبت به جمع‌آوری میوه‌های رسیده کنار که به رنگ قرمز، نرم، گوشتی و شیرین بودند، اقدام شد؛ میوه‌های کنار همه از یک پایه مادری انتخاب شدند. مکان‌های مورد نظر شامل، شهرستان کازرون واقع در استان فارس در محدوده جغرافیایی ۵۱° و ۳۹' و ۱۵" طول شرقی و ۲۹° و ۳۷' عرض شمالی و ارتفاع حدود ۹۵۰ متر از سطح دریا، شهرستان دهدشت واقع در استان کهگیلویه و بویراحمد در محدوده ۵۰° و ۳۴' طول شرقی، ۳۰° و ۴۷' عرض شمالی و ارتفاع ۸۰۰ متری از سطح دریا، میناب واقع در استان هرمزگان در محدوده ۲۷° و ۹' عرض شمالی و ۵۷° و ۴' طول شرقی و ارتفاع ۲۷ متری از سطح دریا و شهرستان مسجد سلیمان واقع در استان خوزستان در محدوده ۴۹° و ۱۷' شرقی و ۳۱° و ۵۷' عرض شمالی با ارتفاع ۳۷۲ متر از سطح دریا بودند. پس از جمع‌آوری قسمت گوشتی میوه‌ها به صورت کامل جدا شده و جهت خشک شدن، بذرها در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) قرار گرفتند. براساس پژوهش منصوری و مرادی<sup>۶</sup> (۲۰۱۸) بذر کنار علاوه بر خواب فیزیکی، دارای خواب فیزیولوژیکی نیز می‌باشد که جهت برطرف کردن خواب فیزیکی بذر، پوسته سخت و چوبی بذر به وسیله چکش و با احتیاط کامل از آن جدا گردید و جهت برطرف نمودن خواب فیزیولوژیکی از هورمون

خشکی شاخص‌های جوانه‌زنی گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonalla foenum-graecum* L.) مانند درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت (فرهادی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶). در پژوهشی بر روی جوانه‌زنی *Medicago sativa* L. و هیبرید آن‌ها *Alobora arborea* L. در شرایط تنش خشکی گزارش شد که طول ساقه‌چه به شدت کاهش یافته و محتوای پروتئین محلول در اثر تنش خشکی در *Medicago sativa* L. افزایش، *Medicago arborea* L. بدون تغییر و در هیبرید آن‌ها کاهش یافت، همچنین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت رو به افزایش و بیشترین فعالیت در *Medicago sativa* مشاهده شد که نشان دهنده مقاومت بیشتر این رقم بود (تانی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹).

کنار (*Ziziphus spina christi* L.) یا سدر از خانواده Rhamnaceae از گیاهان دارویی و مرتعی و از جمله گیاهان مقاوم در برابر تنش خشکی می‌باشد. جنس *Ziziphus* با حدود ۱۰۰ گونه در مناطق گرمسیر و معتدله جهان شامل قاره آمریکا، اروپا و آسیا گسترش دارد و در ایران بیشتر در مناطق جنوبی کشور مشاهده شده و به عنوان یکی از گونه‌های مناسب برای کنترل فرسایش خاک در مناطق خشک کاربرد دارد (برویسز<sup>۳</sup>، ۱۹۷۷). در طب سنتی همه بخش‌های گیاه *Ziziphus* برای اهداف دارویی استفاده می‌شود (تختی و شکافنده<sup>۴</sup>، ۲۰۱۲). با توجه به اهمیت این گونه و اینکه پژوهش مدونی در رابطه با مطالعه جوانه‌زنی کنار تحت تأثیر پتانسیل‌های آبی مختلف صورت نگرفته، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی بر شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر توده‌های مختلف کنار صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال ۱۳۹۷ و به

<sup>1</sup> Farhadi

<sup>2</sup> Tani

<sup>3</sup> Browicz

<sup>4</sup> Takhti and Shekafandeh

<sup>5</sup> Michel and Kaufman

<sup>6</sup> Mansouri and Moradi

شد، سپس یک میلی‌لیتر عصاره الکلی با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب و ۵ میلی‌لیتر نین هیدرین به آن اضافه شد و به مدت ۱۶ ساعت روی دستگاه همزن مگنت‌دار قرار گرفت. در مرحله بعد ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن اضافه و به مدت زمان ۳۰ دقیقه در حمام آب جوش دستگاه بن‌ماری قرار گرفت و سپس به هر کدام ۱۰ میلی‌لیتر بنزن اضافه و سپس به شدت تکان داده شد تا پرولین درون نمونه‌ها وارد فاز بنزن گردد. در نهایت فاز روبی نمونه‌ها جدا شده و میزان جذب در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد و با توجه به مقادیر استاندارد ال-پرولین (میکرومول بر میلی‌لیتر) میزان پرولین نمونه‌ها بر اساس میکرومول بر گرم وزن‌تر بذر محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری محتوای پروتئین محلول بذر از روش کار و میشر<sup>۵</sup> (۱۹۷۶) استفاده شد به این صورت که در ابتدا با استفاده از بافر فسفات پتاسیم با اسیدیتته ۶/۸ عصاره پروتئینی استخراج شد و سپس به ۱۰ میکرولیتر عصاره پروتئینی هر نمونه ۹۹۰ میکرولیتر محلول برادفورد اضافه شد و پس از گذشت یک دقیقه زمان برای کامل شدن فرآیند واکنش جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۹۵ نانومتر در دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت و غلظت پروتئین نمونه‌ها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر بذر با استفاده از نمودار استاندارد آلبومین سرم گاوی (میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) محاسبه گردید.

محتوای پراکسید هیدروژن به روش الکسیویا<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۱) اندازه‌گیری شد به این صورت که ۰/۲ گرم از نمونه‌تر بذری با ۵ میلی‌لیتر محلول TCA ۰/۱ درصد هم‌وزن شد و به مدت ۱۵ دقیقه در دستگاه سانتی‌فیوژ یخچال‌دار با دمای ۴ درجه سلسیوس قرار گرفت. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول رویی شفاف به ۰/۵ میلی‌لیتر محلول بافر فسفات پتاسیم با اسیدیتته ۷ و یک میلی‌لیتر پتاسیم یدید یک مولار اضافه شد. میزان جذب نمونه‌ها در طول موج ۲۹۰ نانومتر و با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد و در آخر محتوای پراکسید هیدروژن نمونه‌ها بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر بذر

جیبرلیک اسید با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به مدت زمان ۴۸ ساعت به صورت پیش تیمار استفاده شد. جهت انجام آزمون جوانه‌زنی پس از اعمال تیمارهای شکست خواب، بذرها بر روی کاغذ صافی و درون پتری‌های ۱۲ سانتی‌متری کشت شدند و به مقدار ۵ میلی‌لیتر از محلول مربوط به پتانسیل‌های مورد نظر به آن اضافه شد و به مدت ۲۳ روز درون دستگاه ژرمیناتور با دمای ۳۰ درجه سلسیوس تحت دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند. اولین شمارش بذره‌های جوانه زده یک روز پس از کشت انجام شد و شمارش به مدت ۲۳ روز به صورت روزانه ادامه یافت. معیار برای جوانه‌زنی بذرها خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر بود. در انتهای آزمایش طول و وزن گیاهچه‌های حاصل از آزمایش اندازه‌گیری شدند. شاخص‌های جوانه‌زنی شامل درصد جوانه‌زنی (رابطه ۲) و سرعت جوانه‌زنی (رابطه ۳) (مگویر<sup>۱</sup>، ۱۹۶۲)، طول گیاهچه، ضریب آلومتریک از نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه (ردی و خان<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱) و شاخص بنیه گیاهچه (رابطه ۴) (عبدالباکی و اندرسون<sup>۳</sup>، ۱۹۷۳) محاسبه شد.

(رابطه ۲) 
$$\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{n}{N} \times 100$$
 که n: تعداد بذر جوانه‌زده و N: تعداد کل بذرها بود.  
(رابطه ۳) 
$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \frac{\sum (n_i/t_i)}{N}$$
 که n<sub>i</sub>: تعداد بذره‌های جوانه‌زده در هر روز و t<sub>i</sub> روزهای پس از شمارش می‌باشد.  
(رابطه ۴)

$$\text{شاخص بنیه گیاهچه} = \frac{GP \times SL}{100}$$
 که GP: درصد جوانه‌زنی و SL: طول گیاهچه بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی از بذر در انتهای مرحله دوم آبنوشی (قبل از خروج ریشه‌چه) انجام شد. البته زمان نمونه‌گیری، بر اساس زمان خروج ریشه‌چه در پتانسیل‌های آبی مختلف بر اساس پیش آزمایش تعیین شد. برای اندازه‌گیری پرولین بذر ابتدا عصاره الکلی به روش اریگوین<sup>۴</sup> و همکاران (۱۹۹۲) تهیه

<sup>1</sup> Maguire

<sup>2</sup> Reddy and Khan

<sup>3</sup> Abdul-Baki and Anderson

<sup>4</sup> Irigoyen

<sup>5</sup> Kar and Mishra

<sup>6</sup> Alexieva

دامنه‌ای دانکن صورت گرفت و در صورت معنی‌دار شدن برهمکنش‌ها تجزیه واریانس برش‌دهی انجام و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از رویه L.S.Means در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

#### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات بیوشیمیایی شامل محتوای پراکسید هیدروژن، پروتئین محلول، پرولین، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز، نشان داد که اثر پتانسیل اسمزی بر توده‌های مختلف کنار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). با توجه به معنی‌دار شدن اثرات برهم‌کنش توده و پتانسیل اسمزی برای این شاخص‌ها برش‌دهی اثر پتانسیل اسمزی در هر توده انجام شد. نتایج برش‌دهی نشان داد که اثر پتانسیل آب در هر توده بذری برای صفات ارزیابی شده در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

#### پرولین

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میزان پرولین بذرهای مربوط به هر چهار توده تحت تنش اسمزی به صورت معنی‌داری، افزایش یافت. بیشترین میزان این شاخص در تمامی توده‌ها در سطح پتانسیل اسمزی ۸- بار و کمترین میزان در سطح ۲- بار مشاهده شد (شکل ۱). ارتباط محکمی بین تجمع پرولین و تحمل به خشکی در گیاهان گزارش شده است (اسزیدرکس<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). پرولین از جمله محلول‌های سازگاری است که در شرایط تنش با حضور در اطراف غشای سلولی سبب حفظ آماس سلولی و تنظیم اسمزی می‌شود. افزایش این ترکیب در بذر نشان دهنده تأثیرات مخرب گونه‌های فعال اکسیژن بر ترکیبات پروتئینی و

با استفاده از نمودار استاندارد پراکسید هیدروژن (میکرومول بر میلی‌لیتر) محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان فعالیت آنزیم کاتالاز بذر با استفاده از عصاره پروتئینی و روش ابی<sup>۱</sup> (۱۹۸۴) انجام شد، تهیه مخلوط واکنش بدین صورت بود که به ۳ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته هفت و حاوی آب اکسیژنه ۳۰ میلی‌مولار بود، ۱۰۰ میکرولیتر عصاره پروتئینی اضافه گردید و میزان کاهش جذب در مدت زمان ۶۰ ثانیه در طول موج ۲۴۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. در این اندازه‌گیری ضریب خاموشی برای آنزیم کاتالاز ۰/۰۳۹۴ بر میلی‌مول بر سانتی‌متر بود و در انتها مقادیر آنزیم کاتالاز بذرها بر حسب میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر بر دقیقه محاسبه شد.

عصاره آنزیمی جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به این صورت تهیه شد که ۰/۱ گرم از نمونه بذری در ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج شامل فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار با اسیدیته هفت، EDTA ۰/۱ میلی‌مولار و PVP ۰/۱ مولار هموزن شد. عصاره حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با دمای ۴ درجه سلسیوس و دور ۱۴۰۰۰ در دقیقه قرار گرفت. مخلوط واکنش جهت سنجش فعالیت شامل ۲/۴۹۰ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی‌مولار با اسیدیته هفت، ۳۰۰ میکرولیتر آسکوربات ۰/۵ میلی‌مولار، ۳۰ میکرولیتر EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، ۱۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی و ۳۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۳۰ میلی‌مولار بود. میزان کاهش جذب در مدت ۶۰ ثانیه و طول موج ۲۹۰ نانومتر نسبت به زمان شروع واکنش با دستگاه اسپکتروفتومتر ثبت شد. ضریب خاموشی آسکوربات ۲/۸ بر میلی‌مول بر سانتی‌متر در نظر گرفته شد و در انتها مقادیر آنزیم آسکوربات پراکسیداز بذرها بر حسب میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر بر دقیقه محاسبه شد (ناکانو و آسادا<sup>۲</sup>، ۱۹۸۱).

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد؛ مقایسه میانگین اثرات اصلی با آزمون چند

<sup>1</sup> Aebi

<sup>2</sup> Nakano and Asada

<sup>3</sup> Sziderics

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر پتانسیل اسمزی بر شاخص‌های بیوشیمیایی چهار توده کنار

**Table 1.** Analysis of variance for the effect of osmotic potential on biochemical indices of four seed lots (SL) of *Ziziphus spina-christi*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares				
		پروترین Proline	پروتئین محلول Soluble protein	پراکسید هیدروژن Hydrogen Peroxide	کاتالاز Catalase	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase
توده بذری Seedlot (SL)	3	5**	219.95**	8.41**	100.32**	0.47**
پتانسیل اسمزی Osmotic potential (OP)	4	97.07**	655.97**	15.76**	764.30**	5.15**
SL × OP	12	0.52**	10.51**	0.22**	18.43**	0.09**
خطا Error	60	0.003	0.28	0.02	0.27	0.0005
ضریب تغییرات (درصد) CV%	-	1.46	3.42	4.26	3.53	2.42

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال خطای یک درصد. \*\* Significant at 1%.

جدول ۲. تجزیه واریانس برش‌دهی اثر پتانسیل اسمزی برای شاخص‌های بیوشیمیایی در هر توده کنار

**Table 2.** Slicing the analysis of variance for the effect of osmotic potential on bio-chemical indices in each *Ziziphus spina-christi* seedlot

توده بذری Seedlot	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares				
		پروترین Proline	پروتئین محلول Soluble protein	پراکسید هیدروژن Hydrogen Peroxide	کاتالاز Catalase	آسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase
میناب Minab	4	29.41**	237.36**	6.40**	282.46**	0.82**
مسجد سلیمان Masjed Soleiman	4	29.12**	227.46**	4.78**	189.79**	0.81**
دهدشت Dehdasht	4	22.81**	135.78**	2.43**	178.24**	1.61**
کازرون Kazeroon	4	17.29**	86.89**	2.81**	169.09**	2.17**

\*\* Significant at 1%.

\*\* معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

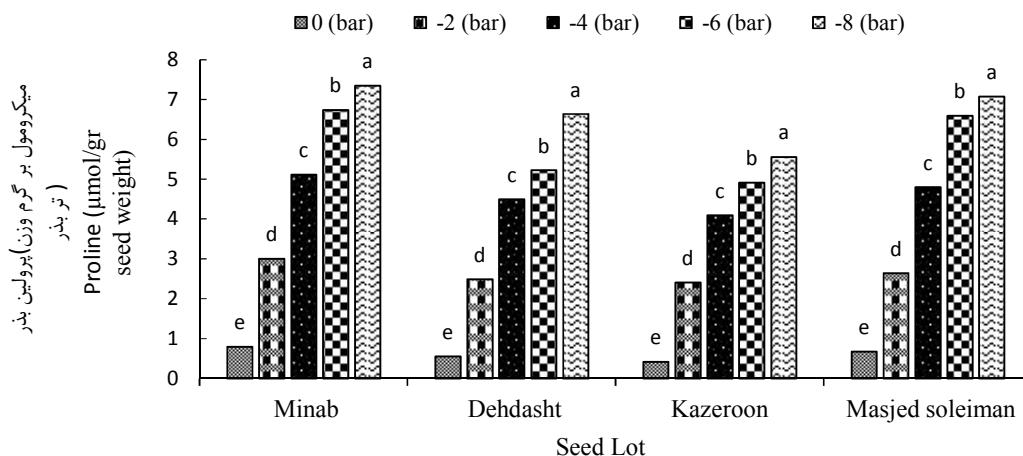
بالنگوی شیرازی (*Lallemantia royleana* Benth) گزارش کردند که پروترین جهت ایجاد تنظیمات اسمزی افزایش یافته که می‌توان دلیل افزایش آن را به تجزیه پروتئین طی آسیب‌های وارده از پراکسید هیدروژن نسبت داد که همبستگی مثبت و معنی‌دار بین پروترین و محتوای پراکسید هیدروژن ( $r=0.90^{**}$ ) و همبستگی منفی و معنی‌دار بین پروتئین و پراکسید هیدروژن ( $r=-0.52^{**}$ ) و پروترین ( $r=-0.75^{**}$ ) در پژوهش حاضر نیز بیانگر این مطلب می‌باشد (جدول ۷).

آنزیم‌هاست (اکرم‌قادری<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). ماعودا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که تنش اسمزی سبب افزایش مقدار پروترین در دو رقم برنج شد به صورتی که بیشترین میزان پروترین در شدیدترین سطح تنشی بود و دلیل این افزایش را نقش پروترین در تنظیم اسمزی و از بین برنده رادیکال‌های آزاد ایجاد شده در طول تنش بیان کردند. احمدی و امیدی<sup>۳</sup> (۲۰۱۸) نیز در بررسی تأثیر تنش اسمزی بر پنج جمعیت از گیاه دارویی

<sup>1</sup> Akram Ghaderi

<sup>2</sup> Mauad

<sup>3</sup> Ahmadi and Omid



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر پتانسیل اسمزی در توده‌های مختلف کنار برای محتوای پرولین بذر. مقایسه میانگین به رویه L.S.Means انجام شده و در هر توده ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار با احتمال پنج درصد می‌باشد.

**Fig. 1.** Mean comparison for the effect of osmotic potential in different seed lot of *Ziziphus spina-christi* for seed proline. Mean comparison was done by L.S.Means method and in each seed lot columns with at least one common letter show no significant difference with probability of 5%.

در اثر گونه‌های اکسیژن فعال ایجاد شده در پی تنش می‌باشد. راهداری<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۲) و قلی‌پور و عبادی<sup>۴</sup> (۲۰۱۸) دلیل کاهش پروتئین در بذر خرفه را افزایش بیوسنتز اسید آمینه پرولین از گلوتامات و تمایل به تجزیه پروتئین‌ها جهت ایجاد بیشتر این اسید آمینه به دلیل نقش مهمی که در ایجاد تنظیم اسمزی دارد، بیان نمودند. در پژوهش حاضر نیز احتمالاً کاهش پروتئین در بذره‌های کنار تحت تنش می‌تواند به همین دلیل باشد همبستگی منفی و معنی‌دار بین میزان پروتئین محلول بذر و پرولین می‌تواند نشان دهنده  $(r = -0.75^{**})$  این مطلب باشد (جدول ۷).

#### محتوای پروتئین‌های محلول بذر

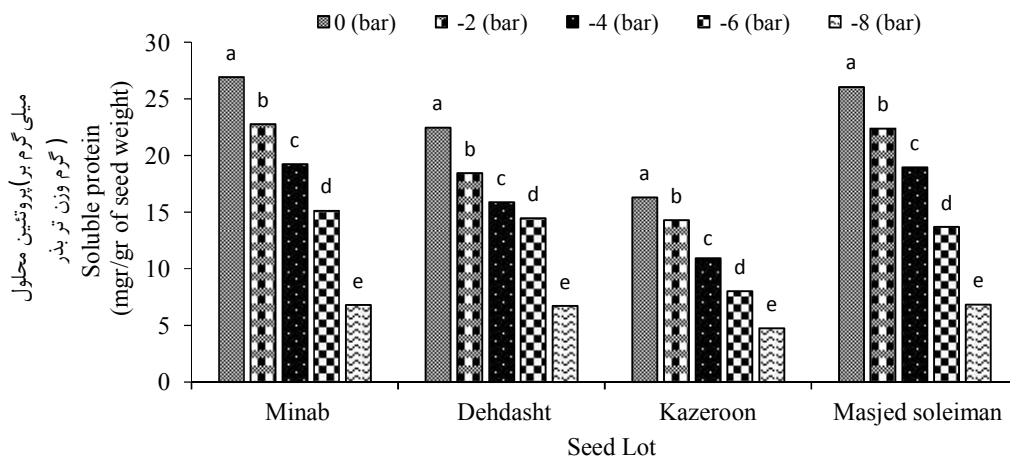
با کاهش پتانسیل آبی در بذره‌های مربوط به چهار توده کنار محتوای پروتئین محلول بذر کاهش یافت به گونه‌ای که بیشترین و کمترین مقدار به ترتیب مربوط به تیمار صفر و -۸ بار بود. این شاخص در توده‌های میناب، مسجد سلیمان کاهش ۷۵ درصدی و در توده‌های دهدشت و کازرون نیز به ترتیب کاهش ۷۱ و ۷۳ درصدی داشت (شکل ۱). تغییر در تولید و یا تخریب پروتئین محلول سلول‌ها از جمله فرایندهای متابولیکی است که تحت تأثیر تنش اسمزی قرار می‌گیرد. تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب محیط و در ادامه آن کاهش جذب آب توسط بذر شده و در نتیجه آن کاهش حرکت مواد ذخیره‌ای بذر و سنتز پروتئین‌های جنین رخ داده و در نهایت ادامه رشد گیاهچه را با مشکل مواجه می‌کند (یاگمور و کایدان<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸). در پژوهشی بر روی بذره‌های پیش تیمار شده با آب مقطر و بدون پیش تیمار دو رقم یونجه لی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کردند که دلیل کاهش پروتئین محلول در اثر کاهش پتانسیل اسمزی القای ژن‌های کدکننده پروتئاز

<sup>3</sup> Rahdari

<sup>4</sup> Gholipoor and Ebadi

<sup>1</sup> Yagmur and Kaydan

<sup>2</sup> Li



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر پتانسیل اسمزی در توده‌های مختلف کنار برای محتوای پروتئین محلول بذر. مقایسه میانگین به رویه L.S.Means انجام شده و در هر توده ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار با احتمال پنج درصد می‌باشد.

**Fig. 2.** Mean comparison for the effect of osmotic potential in different seed lot of *Ziziphus spina-christi* for seed protein. Mean comparison was done by L.S.Means method and in each seed lot columns with at least one common letter showed no significant difference with probability of 5%.

تعداد به هم خورده و موجب تنش اکسیداتیو در گیاهان می‌گردد (الحسن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷؛ نادیم<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹). پراکسید هیدروژن از جمله گونه‌های فعالی است که طی تنش اسمزی ایجاد شده و به گستره وسیعی از مولکول‌های زیستی مثل لیپیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و رنگیزه‌های فتوسنتزی و غشای سلولی آسیب جدی وارد کرده و حتی منجر به مرگ سلولی می‌شود (کوروتاس<sup>۳</sup>، ۲۰۱۶). همچنین در فعال‌سازی ژن‌های رمزگذاری کننده پروتئین‌هایی که در دفاع از تنش اکسیداتیو درگیر هستند (آنزیم‌های آنتی اکسیدانت) نقش دارد (اشراف<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).  
ساحیتا<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۸) و ژانگ<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش روی ژنوتیپ‌های مختلف *Capsicum annuum* L. و چند رقم یونجه گزارش کردند که در اثر کاهش پتانسیل اسمزی میزان پراکسید هیدروژن روند افزایشی داشت.

#### محتوای پراکسید هیدروژن

نتایج مقایسه میانگین اثر پتانسیل اسمزی در هر توده بذری برای محتوای پراکسید هیدروژن نشان داد که بین سطح‌های پتانسیلی اختلاف آماری کاملاً معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۳). کمترین و بیشترین میزان محتوای پراکسید هیدروژن در تمامی توده‌ها به ترتیب در پتانسیل اسمزی صفر و -۸ بار مشاهده شد. به صورتی که در توده میناب از ۲/۹۳ به ۶/۱۵ میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر، در توده مسجد سلیمان از ۲/۷۵ به ۵/۴۸ میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر، در توده دهدشت از ۲/۵۴ به ۴/۵۱ میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر و در توده کازرون از ۱/۹۷ در سطح تنش صفر به ۴/۱۳ میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر در سطح -۸ بار رسید. مقدار گونه‌های فعال اکسیژن در سلول بستگی به سرعت تولید شدن آن‌ها، سرعت واکنش با مولکول‌های هدف نظیر پروتئین‌ها، لیپیدها یا اسیدهای نوکلئیک، سرعت تجزیه، جاروب شدن و یا خنثی شدن آن‌ها توسط عملکرد آنزیمی و غیر آنزیمی سلول دارد.

در شرایط طبیعی بین میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن و فعالیت سازوکارهای از بین برنده آن‌ها تعادل وجود دارد؛ اما در تنش‌های زیستی و غیرزیستی این

<sup>1</sup> Al-Hassan

<sup>2</sup> Nadeem

<sup>3</sup> Kurutas

<sup>4</sup> Ashraf

<sup>5</sup> Sahitya

<sup>6</sup> Zhang



همکاران، ۲۰۱۵). مقصودی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی بر روی ارقام مختلف یونجه دلیل افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز را کاهش اثرات گونه‌های فعال اکسیژن و پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی گزارش کردند. در بررسی بذر رازیانه عسکری<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که با کاهش پتانسیل اسمزی در گونه‌های مقاوم به خشکی آنزیم کاتالاز به صورت پیوسته افزایش یافت و دلیل این افزایش را مقابله با رادیکال‌های آزاد ایجاد شده در پی تنش خشکی بیان کردند؛ بنابراین احتمالاً دلیل افزایش فعالیت کاتالاز در بذرها تحت تنش کنار نیز جلوگیری از آسیب‌های وارده از گونه‌های فعال نظیر پراکسیدهدروژن به غشای سلولی بوده که در سطح‌های پایین تنش سبب ادامه جوانه‌زنی بذرها شده است که همبستگی مثبت و معنی‌دار بین محتوای پراکسید هیدروژن و فعالیت کاتالاز ( $r=0.68^{**}$ ) شاهدهی بر این ادعا می‌باشد (جدول ۷).

#### آسکوربات پراکسیداز

نتایج این آزمایش نشان داد که با کاهش پتانسیل آب مقدار فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به طور معنی‌دار افزایش یافت به صورتی‌که بیشترین سطح فعالیت مربوط به شدیدترین سطح تنش (۸- بار) و کمترین فعالیت در سطح شاهد مشاهده گردید. در توده میناب میزان فعالیت آنزیم افزایش ۴/۶۵ برابری داشت که از ۰/۲۹ به ۱/۳۵ میلی‌مول بر گرم وزن‌تر بذر بر دقیقه رسید. در توده مسجد سلیمان کمترین و بیشترین سطح آنزیمی در تیمار صفر و ۸- بار مشاهده شد. در توده دهدشت نیز بیشترین و کمترین میزان فعالیت آنزیم مربوط به سطح ۸- و صفر بار بود و در توده کازرون سطح فعالیت آنزیمی افزایش تقریباً ۶/۱۴ برابری داشته و از ۰/۳۴ به ۲/۰۹ میلی‌مول بر گرم وزن‌تر بذر بر دقیقه رسید (جدول ۲). آسکوربات پراکسیداز از دیگر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی است که به عنوان احیاکننده رادیکال‌های آزاد به خصوص پراکسید هیدروژن ایفای نقش می‌کند و خسارات ناشی از

در پژوهشی که بر روی دو ژنوتیپ از گیاه *Cerasus humilis* صورت گرفت، محتوای پراکسیدهدروژن در شرایط تنش خشکی در هر دو ژنوتیپ HR که مقاوم به خشکی و ND<sub>4</sub> که حساس به خشکی بود، افزایش یافت و موجب افزایش آسیب‌های غشایی و افزایش محتوای مالون دی‌آلدئید نیز شد (رن<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۶).

#### فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاتالاز

کاهش پتانسیل اسمزی موجب افزایش فعالیت این آنزیم شد به گونه‌ای که در تمامی توده‌ها بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به سطح تنش ۸- بار بود. تغییرات در توده میناب به این صورت بود که فعالیت آنزیم افزایش تقریباً هشت برابری داشت و کمترین میزان فعالیت مربوط به سطح صفر بار و ۳/۱۷ میلی‌مول بر گرم وزن‌تر بذر بر دقیقه و بیشترین فعالیت در ۸- بار و ۲۳/۹۸ میلی‌مول بر گرم وزن‌تر بذر بر دقیقه بود. در توده مسجد سلیمان روند آنزیم افزایش ۴/۵ برابری داشت. در توده دهدشت فعالیت آنزیم تقریباً چهار برابر افزایش یافت و کمترین و بیشترین میزان فعالیت به ترتیب مربوط به سطح شاهد (صفر بار) و ۸- بار و ۶/۱۵ و ۲۴/۱۱ میلی‌مول بر گرم وزن‌تر بذر بر دقیقه بود. در توده کازرون فعالیت آنزیم افزایش ۴/۵ برابری داشت و بیشترین میزان مربوط به تیمار ۸- بار و کمترین فعالیت در سطح صفر بار و بود (شکل ۳). یکی از گونه‌های فعال اکسیژن تولید شده در شرایط تنش خشکی H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> می‌باشد. آنزیم کاتالاز از سلول‌ها در برابر پراکسید هیدروژن محافظت می‌کند، کاتالاز آنزیمی است که در همه موجودات زنده از جمله سلول‌های گیاهی، جانوری و میکروارگانیسم‌های هوازی یافت شده و به عنوان یکی از مهمترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در جهت تجزیه H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> به طور مستقیم به آب و اکسیژن و کاهش خسارت آن در شرایط تنش خشکی کاربرد دارد (بلاچ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۷؛ سوفو<sup>۳</sup> و

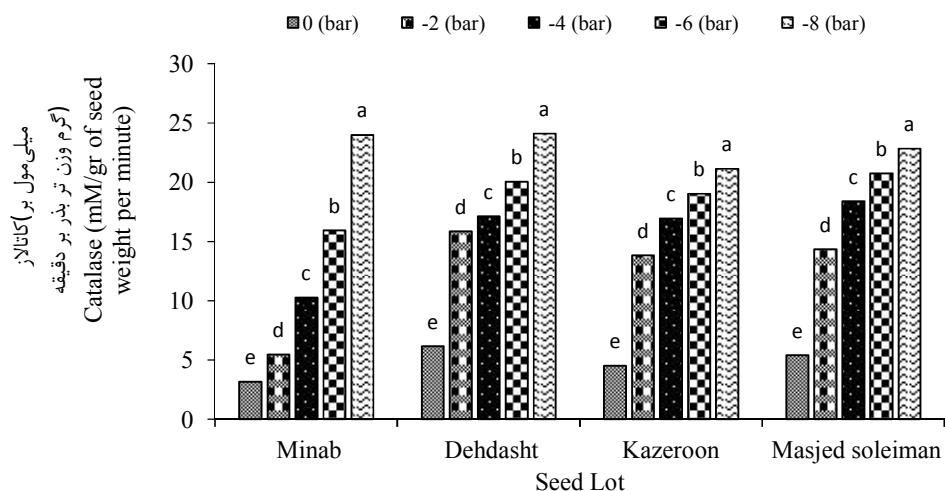
<sup>1</sup> Ren

<sup>2</sup> Bloch

<sup>3</sup> Sofu

<sup>4</sup> Maghsoodi

<sup>5</sup> Askari



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر پتانسیل اسمزی در توده‌های مختلف کنار برای آنزیم کاتالاز. مقایسه میانگین به رویه L.S.Means انجام شده و در هر توده ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار با احتمال پنج درصد می‌باشد.

**Fig. 3.** Mean comparison for the effect of osmotic potential in different seed lot of *Ziziphus spina-christi* for catalase enzyme. Mean comparison was done by L.S.Means method and in each seed lot columns with at least one common letter showed no significant difference with probability of 5%.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر پتانسیل اسمزی برای شاخص‌های بیوشیمیایی چهار توده کنار

**Table 3.** Mean comparison for the effect of osmotic potential on bio-chemical indices in four seed lot (SL) of *Ziziphus spina-christi*

توده بذری Sedlot	پتانسیل اسمزی (بار) Osmotic potential (bar)	پراکسید هیدروژن (میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر) Hydrogen Peroxide (mmol/g FW. Min <sup>-1</sup> )	آسکوربات پراکسیداز (میلی‌مول بر گرم وزن تر بذر بر دقیقه) Ascorbate peroxidase (mmol/g FW. Min <sup>-1</sup> )
میناب Minab	0	2.93 <sup>e</sup>	0.29 <sup>e</sup>
	-2	3.72 <sup>d</sup>	0.39 <sup>d</sup>
	-4	4.46 <sup>c</sup>	0.67 <sup>c</sup>
	-6	5.28 <sup>b</sup>	1.07 <sup>b</sup>
	-8	6.15 <sup>a</sup>	1.35 <sup>a</sup>
مسجد سلیمان Masjed soleiman	0	2.75 <sup>e</sup>	0.44 <sup>e</sup>
	-2	3.53 <sup>d</sup>	0.55 <sup>d</sup>
	-4	4.13 <sup>c</sup>	0.78 <sup>c</sup>
	-6	4.97 <sup>b</sup>	1.13 <sup>b</sup>
	-8	5.48 <sup>a</sup>	1.54 <sup>a</sup>
دهدشت Dehdasht	0	2.54 <sup>e</sup>	0.32 <sup>e</sup>
	-2	2.94 <sup>d</sup>	0.47 <sup>d</sup>
	-4	3.59 <sup>c</sup>	1.06 <sup>c</sup>
	-6	3.90 <sup>b</sup>	1.33 <sup>b</sup>
	-8	4.51 <sup>a</sup>	1.87 <sup>a</sup>
کازرون Kazeroon	0	1.97 <sup>e</sup>	0.34 <sup>e</sup>
	-2	2.61 <sup>d</sup>	0.46 <sup>d</sup>
	-4	3.05 <sup>c</sup>	1.12 <sup>c</sup>
	-6	3.58 <sup>b</sup>	1.56 <sup>b</sup>
	-8	4.13 <sup>a</sup>	2.09 <sup>a</sup>

در هر توده میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، طبق رویه L.S.Means فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند. Means in each seed lot (SL) followed by the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ) from each other according to L.S.Means test

### درصد جوانه‌زنی

طی دوره تنشی، در توده میناب درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل اسمزی به صورت معنی‌داری کاهش یافت به طوری که بیشترین میزان جوانه‌زنی مشاهده شده در تیمار شاهد و ۹۱ درصد و کمترین جوانه‌زنی در شدیدترین سطح تنشی، ۸- بار و ۱۵ درصد بود که کاهش ۷۶ درصدی قابل مشاهده بود. در توده مسجد سلیمان درصد جوانه‌زنی کاهش ۸۰ درصدی داشت و از ۸۶ درصد در تیمار صفر بار به ۷ درصد در سطح تنشی ۸- بار رسید، اما بین سطوح تنشی ۴- و ۲- بار و همچنین ۴- و ۶- بار اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. در توده دهدشت با افزایش سطح تنش خشکی درصد جوانه‌زنی کاهش ۷۷ درصدی داشت و به ترتیب بیشترین و کمترین میزان در سطوح صفر، ۸۹ درصد و ۸- بار، ۱۲ درصد مشاهده شد. در توده کازرون درصد جوانه‌زنی با اختلاف ۶۲ درصدی کاهش یافت، به طوری که بیشترین جوانه‌زنی در سطح شاهد ۷۵ درصد و کمترین جوانه‌زنی در سطح ۸- بار بود (شکل ۴).

پلی اتیلن گلایکول با ایجاد تنش اسمزی مانع از جذب آب توسط بذر شده که اختلال در جذب آب سبب عدم فعالیت آنزیم‌هایی نظیر آلفا آمیلاز در لایه آلورون شده که تأثیر بسزایی در فرآیند جوانه‌زنی بذر دارد و در نتیجه آن از جوانه‌زنی بذر جلوگیری می‌کند (صبوری راد و همکاران، ۲۰۱۱).

در پژوهشی قطبی و فرج‌زاده‌تبریزی<sup>۴</sup> (۲۰۱۸) بیان کردند که در بذر چغندر قند با افزایش سطح تنش اسمزی درصد جوانه‌زنی بذر به دلیل کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین در پژوهش مرادی<sup>۵</sup> (۲۰۱۸) روی دو گونه آویشن حساس (*Thymus vulgaris*) و متحمل به تنش خشکی در گونه حساس با افزایش تنش اسمزی جوانه‌زنی بذر در اثر اختلال در فرآیند جذب آب و هورمون جیبرلین که در فعالسازی آنزیم آلفا آمیلاز جهت جوانه‌زنی بذر نقش دارد به طور معنی‌داری کاهش یافت. احتمالاً در بذر کنار، تنش خشکی با تنش اکسیداتیوی که ایجاد می‌کند سبب آسیب‌های ژنی بسیاری شده و

تنش خشکی را به حداقل می‌رساند (کافی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). آسکوربات پراکسیداز جهت فعالیت به نیروی احیایی نیاز دارد به این صورت که از آسکوربات به عنوان عامل احیاکننده استفاده کرده و پراکسید هیدروژن را به آب و اکسیژن تجزیه می‌کند. میل ترکیبی زیاد آسکوربات پراکسیداز به  $H_2O_2$  نشان می‌دهد که چرخه آسکوربات گلوکاتینون نقش مهمی در کنترل رادیکال‌های آزاد حاصل از تنش اکسیداتیو به وجود آمده در پی تنش اسمزی دارد (دوی و گریدهار<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵). نعیمی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی برخی ژنوتیپ‌های گندم دوروم گزارش کردند که با کاهش پتانسیل اسمزی فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز جهت ایجاد تعادل بین تولید و جمع‌آوری گونه‌های فعال اکسیژن روند افزایشی داشت.

به نظر می‌رسد که افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در بذرهای گیاه کنار با افزایش سطح تنشی، نشان دهنده تنش اکسیداتیو ایجاد شده در اثر تولید پراکسید هیدروژن می‌باشد که همبستگی مثبت و معنی‌دار بین آن‌ها ( $r=0/61^{**}$ ) نشان می‌دهد که فعالیت آسکوربات پراکسیداز با افزایش محتوای پراکسید هیدروژن جهت مقابله با این گونه فعال افزایش یافت (جدول ۷).

### شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات جوانه‌زنی نشان داد که اثر پتانسیل اسمزی بر توده‌های مختلف کنار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۴). با توجه به معنی‌دار شدن برهم‌کنش توده و پتانسیل اسمزی برای این شاخص‌ها برش‌دهی اثر پتانسیل اسمزی در هر توده انجام شد. نتایج برش‌دهی نشان داد که اثر پتانسیل آب در هر توده بذری برای صفات درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، ضریب آلومتری و شاخص بنیه گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۵).

<sup>1</sup> Kafi

<sup>2</sup> Devi and Giridhar

<sup>3</sup> Naeemi

<sup>4</sup> Ghotbi and Farajzade-Tabrizi

<sup>5</sup> Moradi

جدول ۴. تجزیه واریانس اثر پتانسیل اسمزی بر شاخص‌های جوانه‌زنی چهار توده کنار

**Table 4.** Analysis of variance for the effect of osmotic potential on seed germination indices of four seed lot (SL) of *Ziziphus spina-christi*

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares				
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول گیاهچه Seedling length	ضریب آلومتری Allometric index	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index
توده بذری Seedlot (SL)	3	208.63**	3.4**	3.95 <sup>ns</sup>	0.16**	194.39**
پتانسیل اسمزی Osmotic potential (OP)	4	5607.3**	32.57**	15757.20**	33.19**	11009.35**
SL × OP	12	92.12**	0.85**	50.61**	0.11**	156.69**
خطا Error	60	9.67	0.052	2.36	0.01	10.49
ضریب تغییرات (درصد) C.V (%)	-	6.7	13.09	2.85	6.88	9.46

\*\* معنی‌داری در سطح احتمال خطای یک درصد و <sup>ns</sup> غیرمعنی‌دار بودن. \*\* Significant at 1% and ns, non-significant.

جدول ۵. تجزیه واریانس اثر پتانسیل اسمزی در هر توده کنار برای شاخص‌های جوانه‌زنی

**Table 5.** Slicing the analysis of variance for the effect of osmotic potential on germination indices in each *Ziziphus spina-christi* seedlot

توده SL	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares				
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول گیاهچه Seedling length	ضریب آلومتری Allometric index	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index
میناب Minab	4	1714.23**	12.44**	4080.7**	7.96**	3537.63**
مسجد سلیمان Masjed Soleiman	4	1922.37**	13.43**	4334.24**	8.73**	3612.82**
دهدشت Dehdasht	4	1436.89**	4.96**	3738.65**	9.58**	2607.33**
کازرون Kazeroon	4	810.2**	4.30**	3755.43**	7.25**	1721.65**

\*\* Significant at 1%.

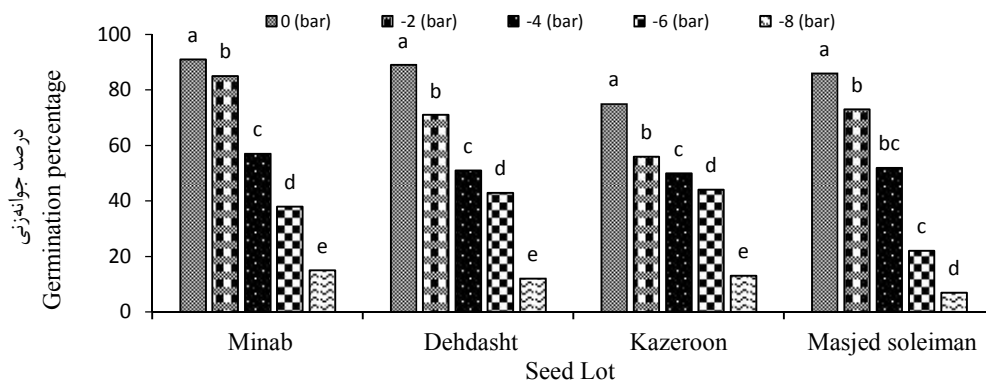
\*\* معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

با کاهش پتانسیل آبی سرعت جوانه‌زنی بذر روند کاهش داشت. در توده میناب سرعت جوانه‌زنی کاهش ۹۵ درصدی داشت و به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار مربوط به سطح صفر و ۸- بار بود و ۴/۵۵ و ۰/۲۴ بذر در روز مشاهده شد. در توده مسجد سلیمان بیشترین میزان سرعت جوانه‌زنی در سطح صفر بار (۴/۴۸ بذر در روز) مشاهده گردید و اما کمترین مقدار مربوط به تیمار ۶- و ۸- بار بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری نداشتند.

با ممانعت از سنتز هورمون جیبرلین که در فعال‌سازی آلفا آمیلاز و انتقال مواد ذخیره‌ای نقش دارد باعث کاهش جوانه‌زنی بذر در تنش‌های ملایم و عدم جوانه‌زنی در تنش‌های شدید می‌شود که همبستگی منفی و معنی‌دار بین محتوای پراکسید هیدروژن و درصد جوانه‌زنی ( $r = -0.75^{**}$ ) نیز بیانگر این نکته می‌باشد. تجلیل<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۴) نیز در بررسی بذر نخود به این نتیجه دست یافتند.

سرعت جوانه‌زنی

<sup>1</sup> Tajlil



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر پتانسیل اسمزی در توده‌های مختلف کنار برای درصد جوانه‌زنی. مقایسه میانگین به رویه L.S.Means انجام شده و در هر توده ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار با احتمال پنج درصد می‌باشد.

**Fig 4.** Mean comparison for the effect of osmotic potential in different seed lot of *Ziziphus spina-christi* for germination percentage. Mean comparison was done by L.S.Means method and in each seed lot columns with at least one common letter showed no significant difference with probability of 5%.

و<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر بذر سورگوم و *Echinochloa crusgalli* L. Beauve نیز به همین نتیجه رسیدند. در بذر کنار نیز به نظر می‌رسد همبستگی منفی و معنی‌دار بین محتوای پراکسید هیدروژن و سرعت جوانه‌زنی ( $r = -0.66^{**}$ ) و درصد جوانه‌زنی ( $r = -0.75^{**}$ ) نشان دهنده این مهم می‌باشد (جدول ۷).

#### طول گیاهچه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاهش سطح پتانسیل اسمزی طول گیاهچه کاهش یافت و بیشترین طول به ترتیب، در توده‌های میناب، مسجد سلیمان، کازرون و دهدشت، ۸۳/۹۵، ۹۰/۲۲، ۷۷/۱۵ و ۷۸/۲۲ میلی‌متر و در سطح تنشی صفر بار و کمترین طول در هر توده مربوط به سطح ۸- بار و صفر میلی‌متر مشاهده شد (شکل ۵). از علل کاهش طول گیاهچه در شرایط تنش اسمزی کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از بافت‌های ذخیره‌ای بذر به جنین در اثر تنش اکسیداتیو و آسیب سلولی ذکر شده است که باعث کاهش رشد گیاهچه و تقسیم سلولی می‌شود (تراتوین و همکاران، ۱۹۹۷). عبادی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۱) نیز در بررسی اثر

در توده دهدشت و کازرون با کاهش پتانسیل اسمزی سرعت جوانه‌زنی در هر دو توده کاهش ۹۴ درصدی داشت و بیشترین و کمترین میزان سرعت در هر توده به ترتیب مربوط به سطح صفر و ۸- بار بود (جدول ۶). بیللی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۰) دلیل کاهش سرعت جوانه‌زنی بذر تحت تنش خشکی را وقفه ایجاد شده در پی کاهش پتانسیل اسمزی برای فرآیند جوانه‌زنی بیان کرد و گزارش کرد که دلیل وقفه ایجاد شده می‌تواند این باشد که بذر برای جبران آسیب‌های وارده بر غشا و دیگر قسمت‌های سلول و همچنین آغاز مجدد فعالیت سیستم آنتی‌اکسیداتیو و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو نیاز به زمان دارند؛ بنابراین فعالیت‌های درونی بذر به کندی صورت گرفته و جبران این خسارت‌ها ممکن است پس از جذب آب توسط بذر امکان پذیر باشد؛ که تمامی این اتفاقات سبب افزایش مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر شده و کاهش سرعت جوانه‌زنی را در پی دارد. تقوایی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۷) نیز دلیل کاهش سرعت جوانه‌زنی بذر استبرق (*Calotropis procera* L.) در اثر تنش اسمزی را به تأخیر افتادن جذب آب و آسیب‌های وارده بر غشای سلولی بیان کردند. پیتن<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۶) و

<sup>1</sup> Bailly

<sup>2</sup> Taghvaei

<sup>3</sup> Patane

<sup>4</sup> Wu

<sup>5</sup> Ebadi

لرستان، هاشمی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند که با افزایش سطح تنشی ایجاد شده ضریب آلومتری روند افزایشی داشت و بیشترین میزان مربوط به ژنوتیپ تهران و سطح تنشی ۹- بار بود که دلیل افزایش این صفت را تغییرات کمتر طول ریشه‌چه نسبت به طول ساقه‌چه در اثر تنش بیان کردند. در پژوهشی روی بذر گیاهان دارویی سرخارگل و آرتیشو امیری<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۰۹) دلیل افزایش طول ریشه‌چه را مقاومت برخی گیاهان به هنگام مواجهه با تنش اسمزی جهت تأمین آب مورد نیاز گیاه و وارد شدن تنش کمتر به اندام هوایی بیان نمودند؛ بنابراین احتمالاً افزایش ضریب آلومتری در بذر کنار در اثر کاهش پتانسیل اسمزی نیز به همین دلیل می‌باشد.

#### شاخص بنیه گیاهچه

نتایج مقایسه میانگین مربوط به بنیه طولی در هر چهار توده نشان داد که با افزایش سطح تنشی شاخص بنیه روند کاهشی داشت و به ترتیب بیشترین و کمترین میزان بنیه در هر توده مربوط به سطح تنشی صفر و ۸- بار بود (جدول ۶). تنش خشکی سبب ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن شده که این گونه‌های فعال باعث ایجاد آسیب‌های بافتی سلول شده که پراکسیداسیون لیپیدهای غیراشباع غشای سلولی را در پی دارد. در تنش‌های با سطح کم آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت قادر به کاهش تأثیر تنش و آسیب‌های وارد شده به بذر بوده و امکان جوانه‌زنی وجود خواهد داشت، اما گیاهچه ایجاد شده ضعیف می‌باشد. تنش‌های با سطح بالاتر غشای سلولی بذر را از هم پاشیده و درصد جوانه‌زنی بذر را به صورت قابل توجهی کاهش می‌دهند؛ به دلیل همبستگی مثبت بین درصد جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه در نتیجه میزان بنیه در اثر کاهش پتانسیل اسمزی روندی کاهشی خواهد داشت (خاتمی<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). با افزایش تنش خشکی در بذر ذرت و سورگوم بنیه گیاهچه روند نزولی داشت تا در بالاترین سطح تنشی ۸/۰- مگاپاسکال به صفر رسید و دلیل این روند را

کاهش پتانسیل اسمزی روی بذر بابونه آلمانی گزارش کردند که با کاهش پتانسیل آب طول گیاهچه کاهش معنی‌داری داشت به طوری که بیشترین میزان طول گیاهچه در تیمار شاهد (صفر بار) و کمترین طول در پتانسیل‌های ۸-، ۱۰- و ۱۲- بار مشاهده شد که دلیل این کاهش را کاهش یا نبود انتقال مواد غذایی از بذر به جنین در اثر عدم جذب آب اعلام نمودند. در بررسی بذر زیره سیاه (*Bunium persicum* Boiss) گراغانی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۷) دلیل کاهش طول گیاهچه را محدود کردن جذب آب توسط بذر، حرکت و انتقال ذخایر بذر یا تأثیر مستقیم بر ساختمان آلی و سنتز پروتئین جنین بذر به وسیله کاهش پتانسیل اسمزی بیان نمودند. در پژوهش حاضر دلیل کاهش طول گیاهچه را می‌توان به افزایش محتوای پراکسید هیدروژن و تأثیر منفی آن بر سنتز پروتئین محلول بذر و تبدیل به اسید آمینه پرولین و همچنین تأثیر آن بر آنزیم‌های هیدرولیتیکی نظیر آلفا آمیلاز جهت انتقال ذخایر بذری نسبت داد که همبستگی مثبت و معنی‌دار بین پروتئین و طول گیاهچه ( $r = 0.86^{**}$ ) و همبستگی منفی میان پراکسید هیدروژن و پرولین با پروتئین و طول گیاهچه بیانگر این مطلب می‌باشد (جدول ۷).

#### ضریب آلومتری

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاهش پتانسیل آبی ضریب آلومتری روند افزایشی و دو برابری داشت به طوری که به ترتیب بیشترین مقدار در تیمار ۶- بار به ترتیب در توده‌های میناب، مسجد سلیمان، دهدشت و کازرون، ۳/۶۵، ۳/۶۲، ۳/۸۵ و ۳/۳۷ و کمترین مقدار در صفر بار مشاهده گردید (جدول ۶). در شرایط تنش خشکی و به موجب افزایش میزان جذب آب در گیاه و به دلیل حساسیت کمتر ریشه‌چه به تنش، طول ریشه‌چه افزایش بیشتری نسبت به طول ساقه‌چه داشته و در نتیجه آن ضریب آلومتری نیز افزایش می‌یابد (کافی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). در بررسی تأثیر تنش خشکی بر جوانه‌زنی سه ژنوتیپ مختلف از گونه مرتعی *Agropyron podperae* از استان‌های تهران، شیراز و

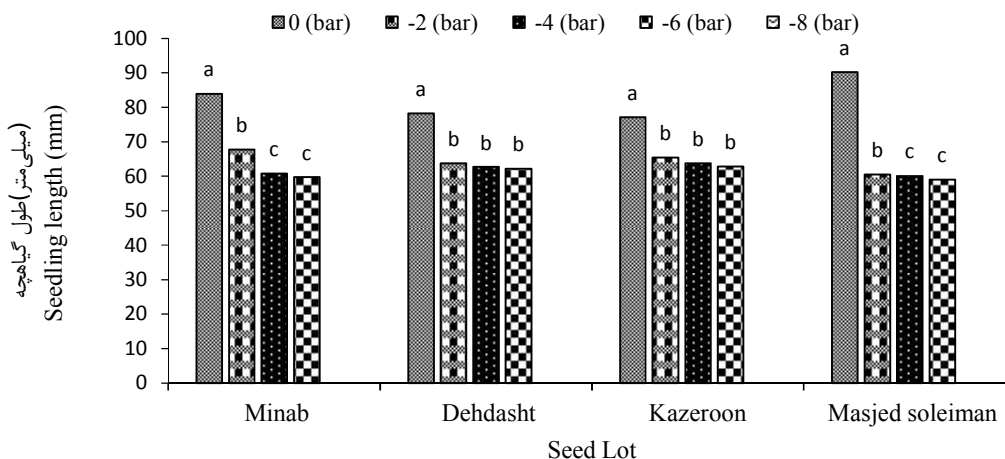
<sup>3</sup> Hashemi

<sup>4</sup> Amiri

<sup>5</sup> Khatami

<sup>1</sup> Goraghani,

<sup>2</sup> Kafi



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر پتانسیل اسمزی در توده‌های مختلف کنار برای طول گیاهچه. مقایسه میانگین به رویه L.S.Means انجام شده و در هر توده ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار با احتمال پنج درصد می‌باشد.

**Fig. 5.** Mean comparison for the effect of osmotic potential in different seed lot of *Ziziphus spina-christi* for seedling length. Mean comparison was done by L.S.Means method and in each column seed lot with at least one common letter showed no significant difference with probability of 5%.

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر پتانسیل اسمزی بر شاخص‌های جوانه‌زنی چهار توده کنار

**Table 6.** Mean comparison for the effect of osmotic potential on germination indices in four seed lot (SL) of *Ziziphus spina-christi*

توده SL	پتانسیل اسمزی (بار) Osmotic potential (bar)	سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (seed per day)	ضریب آلومتری Allometric index	شاخص بنیه گیاهچه Seedling vigor index
میناب Minab	0	4.48 <sup>a</sup>	1.13 <sup>c</sup>	76.37 <sup>a</sup>
	-2	3.55 <sup>b</sup>	2.39 <sup>b</sup>	57.58 <sup>b</sup>
	-4	1.93 <sup>c</sup>	2.56 <sup>b</sup>	34.04 <sup>c</sup>
	-6	1.11 <sup>d</sup>	3.65 <sup>a</sup>	23.02 <sup>d</sup>
	-8	0.24 <sup>e</sup>	-	-
مسجد سلیمان Masjed Soleiman	0	4.55 <sup>a</sup>	1.08 <sup>d</sup>	77.74 <sup>a</sup>
	-2	2.88 <sup>b</sup>	2.11 <sup>c</sup>	44.23 <sup>b</sup>
	-4	1.61 <sup>c</sup>	3.12 <sup>b</sup>	30.73 <sup>c</sup>
	-6	0.33 <sup>d</sup>	3.62 <sup>a</sup>	13.23 <sup>d</sup>
	-8	0.09 <sup>d</sup>	-	-
دهدشت Dehdasht	0	3.02 <sup>a</sup>	1.12 <sup>d</sup>	69.68 <sup>a</sup>
	-2	2.1 <sup>b</sup>	2.27 <sup>c</sup>	45.21 <sup>b</sup>
	-4	1.26 <sup>c</sup>	3.14 <sup>b</sup>	31.74 <sup>c</sup>
	-6	0.74 <sup>d</sup>	3.85 <sup>a</sup>	26.94 <sup>d</sup>
	-8	0.17 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>	0 <sup>e</sup>
کازرون Kazeroon	0	2.94 <sup>a</sup>	1.15 <sup>d</sup>	57.83 <sup>a</sup>
	-2	1.65 <sup>b</sup>	1.94 <sup>c</sup>	36.63 <sup>b</sup>
	-4	1.45 <sup>c</sup>	2.85 <sup>b</sup>	31.38 <sup>c</sup>
	-6	0.87 <sup>d</sup>	3.37 <sup>a</sup>	28.03 <sup>c</sup>
	-8	0.18 <sup>e</sup>	-	-

در هر توده میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، طبق رویه L.S.Means فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد هستند. خط تیره نشان دهنده غیرقابل اندازه‌گیری بودن صفت می‌باشد.

Means in each seed lot followed by the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ) from each other according to L.S.Means test. The dash represents the non-measurable attribute.

جدول ۷. ضرایب همبستگی بین صفات بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر کنار  
 Table 7. Correlation coefficients between biochemical and germination traits of *Ziziphus spina-christi* L. seed

	پراکسیدازون Hydrogen Peroxide	پروتئین محلول Soluble protein	پروئین Proline	کاتالاز Catalase	اسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول گیاهچه Seedling length	ضریب آلومتر Allometric index	شاخص بنه گیاهچه Seedling vigor index
پراکسیدازون Peroxide hydrogen	1									
پروتئین محلول Soluble protein	-0.52**	1								
پروئین Proline	0.90**	-0.75**	1							
کاتالاز Catalase	0.68**	-0.83**	0.86**	1						
اسکوربات پراکسیداز Ascorbate peroxidase	0.61**	-0.88**	0.80**	0.84**	1					
درصد جوانه‌زنی Germination percentage	-0.75**	0.89**	-0.89**	-0.89**	-0.88**	1				
سرعت جوانه‌زنی Germination rate	-0.66**	0.89**	-0.87**	-0.92**	-0.84**	0.92**	1			
طول گیاهچه Seedling length	-0.89**	0.86**	-0.73**	-0.76**	-0.79**	0.85**	0.73**	1		
ضریب آلومتر Allometric index	-0.06 <sup>ns</sup>	0.89**	0.07 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	0.18**	-0.02 <sup>ns</sup>	0.56**	1	
شاخص بنه گیاهچه Seedling vigor index	-0.76**	0.89**	-0.92**	-0.92**	-0.86**	0.97**	0.94**	0.86**	0.30 <sup>ns</sup>	1

\*\* Significant at 1% and ns, non- significant.

<sup>ns</sup> غیر معنی‌دار بودن.

<sup>\*\*</sup> معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و



پراکسیدهیدروژن در بذر شد. پراکسیدهیدروژن با آسیب بر غشای سلولی و همچنین فعال کردن مسیر غیرآنزیمی جهت تنظیم اسمزی در غشا، پروتئین محلول بذر را تجزیه و به اسید آمینه پرولین تبدیل می‌نماید؛ تخریب مواد ذخیره‌ای نظیر پروتئین و اختلالات آنزیمی ایجاد شده سبب کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی در بذر می‌گردد. افزایش طول ریشه‌چه با کاهش پتانسیل اسمزی در بذرهای کنار نشان دهنده اهمیت ریشه‌چه در بذر کنار تحت شرایط تنشی می‌باشد که سبب مقاومت گیاه در برابر تنش، تأمین آب مورد نیاز گیاه و وارد شدن تنش کمتر به اندام هوایی می‌شود. نکته قابل توجه حساسیت بذرهای کنار در دوره جوانه‌زنی به کاهش پتانسیل آبی و جوانه‌زنی بسیار کم در پتانسیل ۸- بار بود.

کاهش جذب آب، اختلال در روند آنزیم‌های هیدرولیتیکی و در نتیجه آن کاهش سنتز نشاسته، تولید انرژی جهت جوانه‌زنی و انتقال مواد ذخیره‌ای به ریشه‌چه و ساقه‌چه دانستند (کیوروز و کرتا، ۲۰۱۶). به نظر می‌رسد که کاهش بنیه طولی در بذر کنار نیز به دلایل ذکر شده می‌باشد، چون با افزایش پراکسید هیدروژن طی تنش اسمزی ایجاد شده درصد جوانه‌زنی و طول گیاهچه روند کاهشی داشت و به دلیل همبستگی مثبت و معنی‌دار بین این صفات و بنیه طولی میزان این صفت نیز کاهش یافت (جدول ۷).

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاهش پتانسیل اسمزی تأثیر قابل توجهی بر شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر کنار داشت، به طوری که کاهش پتانسیل اسمزی سبب افزایش محتوای

### منابع

- Abdul-Baki, A.A. and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. *Crop Science*, 13(6): 630-633. <https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x>
- Aebi, H. 1984. Catalase in vitro. In: *Methods in Enzymology*. Elsevier, 105: 121-126. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(84\)05016-3](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3)
- Ahmadi, K. and Omid, H. 2018. The effect of drought stress on physiological traits, peroxidase activity and grain yield of five populations of *Lallemantia royleana* Benth. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 34(3): 412-429. [In Persian with English Summary].
- Akram Ghaderi, R., Soltani, E. and Sadeghipor, H.R. 2014. Biochemical changes in Pumpkin seeds affected by premature aging. *Third Congress of Medicinal Plants*. Shahed University, Tehran. [In Persian, with English Summary].
- Al-Hassan, M., Chaura, J., Donat-Torres, M.P., Boscaiu, M. and Vicente, O. 2017. Antioxidant responses under salinity and drought in three closely related wild monocots with different ecological optima. *AoB Plants*, 9(2): 1-20. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plx009>
- Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S. and Karanov, E. 2001. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant, Cell and Environment*, 24(12): 1337-1344. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x>
- Amiri, M. B., Rzvani-mohgadam, P., Ehyaei, H. M., Fallahi, J. and Aghhavan-shajari, M. 2009. Effect of osmotic and salinity stresses on germination indices and seedling growth of two medicinal plants *Cynara scolymus* and *Echinacea purpurea*. *Journal of Environmental Stress in Crop Sciences*, 3(2): 165-176. [In Persian, with English Summary].

<sup>1</sup> Queiroz and Cazetta

- Anjum, S. A., Tanveer, M. and Ashraf, U. 2016. Effect of progressive drought stress on growth, leaf gas exchange, and antioxidant production in two maize cultivars, *Environmental Science and Pollution Research*, 23(17): 17132-17141. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6894-8>
- Aran, M., Abedi, B., Tehranifar, A. and Parsa, M. 2017. Effects of drought stress on some morphological and physiological properties of three grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Horticulture Science*, 31(2): 315-326. [In Persian with English Summary].
- Ashraf, M.A., Rasheed, R., Hussain, I., Iqbal, M., Haider, M.Z., Parveen, S. and Sajid, M.A. 2015. Hydrogen peroxide modulates antioxidant system and nutrient relation in maize (*Zea mays* L.) under water-deficit conditions. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(4): 507-523. <https://doi.org/10.1080/03650340.2014.938644>
- Askari, E., Ehsanzade, P. and Zeinali, H. 2015. Physiological and developmental responses of twelve *Foeniculum vulgare* Mill genotypes to water potential in the germination stage. *Journal of Plant Process and Function*, 14(4): 1-16 [In Persian with English Summary].
- Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F. and Come, D. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*, 10: 35-42. <https://doi.org/10.1017/S0960258500000040>
- Bloch, K.E. Shichman, M. Vorobeychik, D. Vardi, P. 2007. Catalase expression in pancreatic alpha cells of diabetic and non-diabetic mice. *Histochemistry and Cell Biology* 127: 227-232. <https://doi.org/10.1007/s00418-006-0248-4>
- Bradford, K.J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, 50(2): 248-260. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0248:AOHTTQ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0248:AOHTTQ]2.0.CO;2)
- Browicz, K. 1977: *Ziziphus* in K.H. Rechinger *Flora Iranica*. 125: 4-9.
- Chakrabarty, A., Aditya, M., Dey, N. and Banik, N. 2016. Antioxidant signaling and redox regulation in drought and salinity stressed plants: In *Drought Stress Tolerance in Plants*, 1: 465-498. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-28899-4\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-319-28899-4_20)
- Date, J., Vandenabeele, S., Vranova, E., Van Montagu, M., Inze, D. and Van Breusegem, F. 2000. Dual action of active oxygen species during plant stress responses. *Cellular Molecular of Life Science* 57: 779-795. <https://doi.org/10.1007/s000180050041>
- Devi, M.A. and Giridhar, P. 2015. Variations in physiological response, lipid peroxidation, antioxidant enzyme activities, proline and isoflavones content in soybean varieties subjected to drought stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 85(1): 35-44. <https://doi.org/10.1007/s40011-013-0244-0>
- Ebadi, M., Azizi, M. and Farzaneh, A. 2011. Effect of drought stress on germination factors of four improved cultivars of German chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Journal of Plant Production*, 18(2): 119-131. [In Persian with English Summary].
- Farhadi, H., Azizi, M. and Neemati, H. 2016. Evaluation of germination characteristics of Fenugreek medicinal plants under salinity and drought stress. *Journal of Horticultural Science*, 31(1): 49-60. [In Persian with English Summary].
- Finch-Savage, W., Dent, K. and Clark, L. 2004. Soak conditions and temperature following sowing influence the response of maize (*Zea mays* L.) seeds to on farm priming (pre-sowing seed soak). *Field Crops Research*, 90(2-3): 361-374. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.04.006>
- Gholipoor, S. and Ebadi, A. 2018. Study of adaptation metabolites and antioxidant enzyme activity of wheat genotypes under moisture stress conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 6: 219-232. [In Persian with English Summary].

- Ghotbi, A. and Farajzade-tabrizi, E. 2018. Evaluation of seed priming with different nutrient solutions at different water stress levels physiological characteristics and yield of sugar beet genetic sequence cultivar. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences*, 11(1): 117-126. [In Persian with English Summary].
- Goraghani, H.S., Fordoei, A., Sardo, M. and Mahdavi, M. 2017. Effect of salinity and drought stresses on germination stage and growth of black cumin (*Bunium persicum* Boiss). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(1): 1-7. [In Persian with English Summary].
- Hashemi, M., Azarnivand, H., Assare, M. H., Ashraf-gaefari, A. and Tavili, A. 2014. Effect of drought stress on germination and plant growth indices of three rangeland plant genotypes *Agropyron podperae*. *Pasturage Scientific Journal*, 8(3): 212-218. [In Persian with English Summary].
- Hussain, H.A., Hussain, S., Khaliq, A., Ashraf, U., Anjum, S.A., Men, S. and Wang, L. 2018. Chilling and drought stresses in crop plants: Implications, cross talk, and potential management opportunities. *Frontiers in Plant Science*, 9: 393. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00393>
- Irigoyen, J., Einerich, D., and Sánchez Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84(1): 55-60. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1992.840109.x>  
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x>
- Kafi, M., Nezami, A., Hoseyni, H. and Masoomi, A. 2005. Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. *Journal of Iranian Field Crop Research*, 3: 69-81. [In Persian with English Summary].
- Kafi, M., Borzooe, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. 2012. Physiology of environmental stresses in plants. Ferdowsi University of Mashhad Publication, 502p. [In Persian].
- Kar, M. and Mishra, D. 1976. Catalase, peroxidase, and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. *Plant Physiology*, 57(2): 315-319. <https://doi.org/10.1104/pp.57.2.315>
- Khatami, S.R., Sedghi, M., Garibani, H.M. and Ghahremani, S. 2017. The effect of priming on seed germination characteristics of maize under salt stress. *Annals of West University of Timisoara. Series of Biology*, 20(1): 65. [In Persian, with English Summary].
- Kurutas, E.B. 2016. The importance of antioxidants which play the role in cellular response against oxidative/nitrosative stress: Current state. 15, 1-22. <https://doi.org/10.1186/s12937-016-0186-5>
- Li, J., Cang, Z., Jiao, F., Bai, X., Zhang, D. and Zhai, R. 2017. Influence of drought stress on photosynthetic characteristics and protective enzymes of potato at seedling stage. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 16(1): 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.03.001>
- Maghsoodi, M., Razmjoo, J. and Gheysari, M. 2016. Effect of drought on biochemical properties of root and shoot of alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.). *Journal of Arid Biome*, 6(1):31-43 [In Persian with English Summary].
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor I. *Crop Science*, 2(2): 176-177. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>
- Mansouri, M. and Moradi, A. 2018. Effect of temperature and gibberellic acid on breaking seed dormancy and herbaceous indices of four wild populations (*Ziziphus spina-christi*). The second International Conference on Medicinal Plants, Organic Farming, Natural and medicinal materials. [In Persian with English Summary].
- Mauad, M., Crusciol, C.A.C., Nascente, A.S., Grassi Filho, H. and Lima, G.P.P. 2016. Effects of silicon and drought stress on biochemical characteristics of leaves of upland rice cultivars. *Revista Ciência Agronômica*, 47(3): 532-539. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160064>

- Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51(5): 914-916. <https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914>
- Moradi, P. 2018. Effect of drought stress on *Thymus* growth and hormonal changes. *Journal of Plant Process and Function*, 6: 311-323. [In Persian with English Summary].
- Nadeem, M., Li, J., Yahya, M., Sher, A., Ma, C., Wang, X. and Qiu, L. 2019. Research progress and perspective on drought stress in legumes: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(10): 2541. <https://doi.org/10.3390/ijms20102541>
- Naeemi, T., Fahmide, L. and Fakheri, B. A. 2018. The impact of drought stress on antioxidant enzymes activities, containing of proline and carbohydrate in some genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* L.) at seedling stage. *Journal of Crop Breeding*, 10(26): 22-31. [In Persian with English Summary]. <https://doi.org/10.29252/jcb.10.26.22>
- Nakano, Y. and K. Asada. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplast. *Plant and Cell Physiology*, 22: 867-880.
- Nonogaki, H. 2006. Seed germination-the biochemical and molecular mechanisms. *Breeding Science*, 56(2): 93-105. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.56.93>
- Patane, C., Saita, A., Tubeileh, A., Cosentino, S.L. and Cavallaro, V. 2016. Modeling seed germination of unprimed and primed seeds of sweet sorghum under peg induced water stress through the hydrotime analysis. *Acta Physiol Plant*, 38: 115. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2135-5>
- Queiroz, R.J. and Cazetta, J.O. 2016. Proline and trehalose in maize seeds germinating under low osmotic potentials. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(1): 22-28. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n1p22-28>
- Rahdari, P., Hosseini, S.M. and Tavakoli, S. 2012. The studying effect of drought stress on germination, proline, sugar, lipid, protein and chlorophyll content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(9): 1539-1547. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.698>
- Reddy, Y.T.N. and M.M. Khan. 2001. Effect of osmopriming on germination, seedling growth and vigour of khirni (*Mimosa hexandra*) seeds. *Seed Research*, 29(1): 24-27.
- Ren, J., Sun, L.N., Zhang, Q.Y. and Song, X.S. 2016. Drought tolerance is correlated with the activity of antioxidant enzymes in *Cerasus humilis* seedlings. *BioMed Research International*, 2016: 9851095. <https://doi.org/10.1155/2016/9851095>
- Saburi-rad, S., Kafi, M., Nezami, A. and Bannayan-aval, M. 2011. Study on seed germination behavior of *Kochia scoparia* L. Schard in response to temperature and water potential. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18(4): 578-592. [In Persian with English Summary].
- Sahitya, U.L., Krishna, M., Deepthi, R., Prasad, G.S. and Kasim, D. 2018. Seed antioxidants interplay with drought stress tolerance indices in chilli (*Capsicum annum* L.) seedlings. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1605096>
- Sofa, A., Scopa, A., Nuzzaci, M. and Vitti, A. 2015. Ascorbate peroxidase and catalase activities and their genetic regulation in plants subjected to drought and salinity stresses. *International Journal of Molecular Sciences*, 16(6): 13561-13578. <https://doi.org/10.3390/ijms160613561>
- Springer, T. 2005. Germination and early seedling growth of chaffy-seeded grasses at negative water potentials. *Crop Science*, 45(5): 2075-2080. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005.0061>
- Sziderics, A., Rasche, F., Trognitz, F., Sessitsch, A. and Wilhelm, E. 2007. Bacterial endophytes contribute to abiotic stress adaptation in pepper plants (*Capsicum annum* L.). *Canadian Journal of Microbiology*, 53(11): 1195-1202. <https://doi.org/10.1139/W07-082>

- Taghvaei, M., Sadeghi, H. and Bazrafcan, M. 2017. The effect of drought stress on the seed germination of *Calotropis procera* L. and improvement of drought tolerance. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 30(1), 37-46. [In Persian with English Summary].
- Tajlil, A.H., Pazoki, A. and Eradatmand Asli, D. 2014. Effects of seed priming by mannitol and zinc sulfate on biochemical parameters and seed germination of chickpea. International Journal of Farming and Allied Sciences, 3: 294-298.
- Takhti, S. and Shekafandeh, A. 2012. Effect of different seed priming on germination rate and seedling growth of *Ziziphus Spina-Christi*. Advances in Environmental Biology, 6(1): 159-164.
- Tani, E., Chronopoulou, E.G., Labrou, N.E., Sarri, E., Goufa, M., Vaharidi, X., Tornosaki, A., Psychogiou, M., Bebeli, P.J. and Abraham, E.M. 2019. Growth, physiological, biochemical, and transcriptional responses to drought stress in seedlings of *Medicago sativa* L., *Medicago arborea* L. and their hybrid (alborea). Agronomy, 9(1): 38. <https://doi.org/10.3390/agronomy9010038>
- Trautwein, E.A., Reickhoff, D. and Erbershobler, H.F. 1997. The cholesterol- lowering effect of Psyllium a source dietary fiber. Ernahrung Umschau, 44: 214 216.
- Windauer, L., Altuna, A., and Benech-Arnold, R. 2007. Hydrotime analysis of *Lesquerella fendleri* seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products, 25(1): 70-74. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2006.07.004>
- Wu, L.M., Fang, Y., Yang, H.N. and Bai, L.Y. 2019. Effects of drought stress on seed germination and growth physiology of quinclorac-resistant *Echinochloa crusgalli*. PloS one, 14(4): e0214480. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0214480>
- Yagmur, M. and Kaydan, D. 2008. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. African Journal of Biotechnology 7: 2156-2162.
- Zhang, C., Shi, S., Liu, Z., Yang, F. and Yin, G. 2019. Drought tolerance in alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties is associated with enhanced antioxidative protection and declined lipid peroxidation. Journal of Plant Physiology, 232: 226-240. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.10.023>

Research Article

## Effect of Osmotic Potential on Seed Germination and Biochemical Indices of different Christ's thorn (*Ziziphus spina-christi*) Populations

Mahnaz Mansoori<sup>1</sup>, Ali Moradi<sup>2,\*</sup>, Hamidreza Balouchi<sup>3</sup>, Elias Soltani<sup>4</sup>

### Extended abstract

**Introduction:** Seed is the most important sexual reproductive factor in plants that plays an important role in transmitting hereditary characteristics, plant distribution, and establishment in different regions. Seed germination as one of the most important and complex stages in the life cycle of plants is affected by genetic and environmental factors. Drought stress is one of the main barriers of crop plants and trees, production in many parts of the world, especially in arid and semi-arid regions such as Iran. The purpose of this study was to investigate the effect of drought stress on biochemical and seed germination indices of different seed lot of *Ziziphus spina-christi* as suitable medicinal species for controlling soil erosion in arid regions.

**Materials and Methods:** This experiment was conducted as a factorial based on a completely randomized design with four replications at the Seed Science and Technology Laboratory of Yasouj University in 2018. Experimental factors included *Ziziphus spina-christi* seeds collected from the regions of Minab, Kazeroon, Masjed Soleiman, and Dehdasht and five water potentials including zero, -2, -4, -6, and -8 bar.

**Results:** In the present study, the effect of osmotic potential, seed lot, and their interaction were significant in each seed lot on germination (germination percentage, germination rate, seedling length, allometric index, longitudinal vigor) and biochemical (hydrogen peroxide, soluble protein content, Proline, catalase, and ascorbate peroxidase) indices of *Ziziphus spina-christi*. The results showed that except for allometric index response of all studied germination traits to osmotic potential was decreasing. Also with increasing osmotic potential, seed soluble protein was decreased and the amount of proline and activity of catalase and ascorbate peroxidase increased. With increasing osmotic stress, the root length was significantly increased, which increased the allometric coefficient of the seedling.

**Conclusion:** Germination and biochemical indices of seeds of all seedlots had significant changes with the reduction of osmotic potential and the reduction of osmotic potential was associated with reduced germination and plant establishment capability. These results can help us to recognize the prerequisites of germination and the development of the forests.

**Keywords:** Soluble protein, Drought stress, Germination percentage, Allometric index, Catalase, Hydrogen peroxide content

### Highlights:

- 1- Germination indices of seeds related to several *Ziziphus spina-christi* seed lots were investigated under different water potentials.
- 2- Biochemical aspects related to seed dormancy in several *Ziziphus spina-christi* seed lots were evaluated.

<sup>1</sup> M.Sc. Student of Seed Science and Technology, Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University, Yasouj, Iran

<sup>2</sup> Associate Professor of Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University, Yasouj, Iran

<sup>3</sup> Professor of Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University, Yasouj, Iran

<sup>4</sup> Assistant Professor Agronomy and Plant Breeding Department, Pardis Aboryhan, Tehran University, Tehran, Iran

\* Corresponding author, E-mail: [amoradi@yu.ac.ir](mailto:amoradi@yu.ac.ir)

