



علوم و تحقیقات بذر ایران

سال دهم / شماره دوم / ۱۴۰۲ (۷۹ - ۶۷)

مقاله پژوهشی

DOI: 10.22124/jms.2023.7609



کاهش اثرات تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه انزروت (*Astragalus fasciculifolius* Bioss.) از طریق پرایمینگ بذر

سید مسعود ضیائی^۱، مجید جعفری^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۲

چکیده

گیاه انزروت یکی از گیاهان مهم دارویی در مناطق سیستان و بلوچستان می‌باشد و جوانه‌زنی این گیاه در این منطقه به دلیل حساسیت این گیاه در مرحله جوانه‌زنی به خشکی با چالش روبرو است. این پژوهش در آزمایشگاه در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با آرایش فاکتوریل در سال ۱۴۰۲ اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح پتانسیل اسمزی (آب مقطر، ۲-، ۴- و ۶- بار) و هشت تیمار پرایمینگ بذر شامل هیدروپرایمینگ، عدم پرایمینگ، پرایمینگ با جیبرلین، سالیسیلیک اسید، نیترات پتاسیم، سولفات روی، هیومیک اسید و نانوذره دی‌اکسید سیلیسیم بودند. نتایج نشان داد که کاهش پتانسیل اسمزی سبب کاهش طول و وزن گیاهچه، بنیه بذر، درصد و سرعت جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم آلفا‌آمیلاز گردید. پرایمینگ بذر، اثرات منفی تنش را بر روی این صفات کاهش داد و سبب بهبود این خصوصیات شد. در بین تیمارهای پرایمینگ بذر، جیبرلین و سولفات روی، بهترین اثربخشی را در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه در شرایط عدم تنش (پتانسیل اسمزی صفر بار) و تنش شدید (پتانسیل اسمزی ۶- بار) داشتند. در شرایط تنش خفیف (پتانسیل اسمزی ۲- بار)، پیش‌تیمار بذور با نانوذره دی‌اکسید سیلیسیم و هیدروپرایمینگ، اثربخشی بهتری در بهبود صفات مورد مطالعه داشتند. از این‌رو، به نظر می‌رسد که می‌توان تیمار پرایمینگ بذور انزروت با این ترکیبات را برای بهبود صفات جوانه‌زنی و رشد اولیه این گیاه توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، درصد جوانه‌زنی، جیبرلین، هیدروپرایمینگ

۱- استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی سراوان، سراوان، ایران. ziaeimasoud@yahoo.com

۲- استادیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی سراوان، سراوان، ایران. majafari59@yahoo.com

*نویسنده مسئول: majafari59@yahoo.com

مقدمه

انزروت (*Astragalus fasciculifolius* Bioss.) گیاهی است دارویی از خانواده بقولات (Fabaceae) و از جنس گون (*Astragalus*) که پراکنش آن عمدتاً در جنوب استان سیستان و بلوچستان بوده و به دلیل داشتن ترکیبات فلاونوئیدی متعدد، می‌تواند نقش موثری در درمان بیماری‌های قلبی، انواع سرطان و همچنین افزایش قدرت سیستم ایمنی بدن داشته باشد. از دیرباز در منطقه بلوچستان، از این گیاه به‌عنوان مسواک و همچنین یک ماده غذایی مقوی و نیروبخش استفاده می‌شده است (Nosrati *et al.*, 2019). سازگاری بالای این گیاه به شرایط نامساعد اکولوژیک (همچون گرما، خشکی و فقر عناصر غذایی خاک) (Ghahreman, 1993) به‌همراه خواص دارویی منحصر به فرد آن، باعث می‌شود تا بتوان به آن به‌عنوان یک گیاه دارویی ویژه، جهت کشت در منطقه خشک سیستان و بلوچستان توجه نمود.

جوانه‌زنی مطلوب و یکنواخت سبب استقرار بهتر گیاه در زمین می‌گردد، این در حالی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مرحله جوانه‌زنی، به دلیل عدم فراهمی رطوبت کافی، یکی از مراحل مهم و حساس رشد گیاه به‌شمار می‌رود (Ziaei and Jafari, 2022). در شرایط تنش خشکی، گیاه از طریق تجمع متابولیت‌ها در سلول‌های در حال رشد، پتانسیل اسمزی را در این سلول‌ها منفی‌تر کرده و بدین ترتیب، جذب آب و آماس سلولی را برای این سلول‌ها حفظ می‌کند (Hossieni Nejad *et al.*, 2022). تحقیقات نشان داده‌اند که این ترکیبات تحت شرایط تنش خشکی، از طریق هیدرولیز پلی‌ساکاریدها و الیگوساکاریدهایی مانند نشاسته، فروکتان و غیره می‌توانند شکل بگیرند (Chimenti *et al.*, 2006). از این رو، انجام اقداماتی برای گیاه، که بتواند در تعدیل اثرات تنش خشکی موثر باشد، می‌تواند امر مهمی در ممانعت از کاهش عملکرد گیاهان زراعی تلقی شود.

بذر گیاهان رشديافته در مناطق خشک به دلیل قرار گرفتن در شرایط نامساعد محیطی ممکن است دارای خواب بوده و از نیرو و بنیه لازم جهت جوانه‌زنی یکنواخت و مطلوب برخوردار نباشد (Ziaei and Jafari, 2022). پرایمینگ بذر روشی است که به‌وسیله آن بذور، قبل از از آن‌جایی که گیاه انزروت، بومی منطقه سیستان و بلوچستان بوده و مردم این منطقه از این گیاه استفاده

کشت در زمین، در آب و یا محلول‌های حاوی عناصر کم-مصرف و پرمصرف و هورمون‌های ویژه‌ای، برای مدت معین خیسانده شده (اسموپرایمینگ) و سپس به‌طور سطحی خشک می‌شوند. در این روش، بر خلاف روش معمول، بذرها بعد از خیسانده شدن، رطوبت اولیه خود را از دست نمی‌دهند و بلافاصله کشت می‌شوند (Duman, 2006). بذور پرایم شده پس از قرار گرفتن در بستر خود، زودتر جوانه زده و در طی زمان کوتاه‌تری سیستم ریشه‌ای خود را گسترش می‌دهند و با جذب مطلوب‌تر آب و مواد غذایی و تولید بخش‌های سبز فتوسنتز کننده، زودتر به مرحله اوتوتروفی می‌رسند (Ziaei and Jafari, 2022). عمل پرایمینگ بذر، برای هر گیاه و در هر منطقه، ممکن است با اهداف خاصی صورت گیرد (Shams Borhan *et al.*, 2023). لکن، تحقق چنین شرایطی به لحاظ زیستی و اکولوژیک موقعیت ویژه‌ای به گیاهان حاصل از بذور پرایم شده می‌دهد (Farooq *et al.*, 2009). به‌نظر می‌رسد که عمل پرایمینگ بذر میزان جوانه‌زنی را به‌واسطه کاهش صدمه به پروتئین‌ها، RNA و DNA افزایش می‌دهد. ضمن آن که به‌دنبال پرایمینگ بذور، سنتز RNA و DNA و انجام تقسیمات سلولی افزایش می‌یابد (Ziaei and Jafari, 2022). همچنین افزایش فعالیت آنزیم فسفاتاز نیز تحت تیمارهای پرایمینگ گزارش شده است (Burguieres *et al.*, 2009). مطالعات نشان داده‌اند که پرایمینگ بذر با ویتامین C و هیدروپرایمینگ باعث افزایش فعالیت کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز گردید (Bradford *et al.*, 1990). ضیایی و همکاران (Ziaei and Jafari, 2022) نشان دادند که در بین تیمارهای مختلف پرایمینگ، پرایمینگ با جیبرلین بهترین تیمار پرایمینگ بود و سبب افزایش طول گیاهچه، درصد و سرعت جوانه‌زنی و بنیه بذر در گیاه پنبیرباد گردید. پدرام و همکاران (Pedram *et al.*, 2019) گزارش کردند که بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در گیاه چغندر قند، در تیمار هیدروپرایمینگ مشاهده شد و این موضوع نهایتاً سبب افزایش عملکرد قند خالص در این گیاه گردید. روش‌های مختلفی برای پرایمینگ وجود دارد که می‌توان به روش‌هایی همچون اسموپرایمینگ، هیدروپرایمینگ، ماتریک پرایمینگ، پرایمینگ هورمونی و بیوپرایمینگ اشاره نمود (Harris, 2006).

دارویی می‌کنند، و از طرفی، جوانه‌زنی این گیاه در منطقه مذکور با چالش روبرو است، لذا تحقیق حاضر با هدف

سلسیوس و مدت ۲۱ روز قرار گرفتند. شمارش بذرها از روز دوم به صورت روزانه آغاز شد و مبنای جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر بود. پس از ۲۱ روز صفات مورد بررسی زیر اندازه‌گیری شدند. طول گیاه‌چه با استفاده از خط‌کش دقیق و وزن گیاه‌چه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ محاسبه شدند. درصد جوانه‌زنی از رابطه ۱ محاسبه شد (Ziaei and Jafari, 2022).

$$GP = (n/N) \times 100 \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن GP = درصد جوانه‌زنی، n = تعداد بذر جوانه زده و N = تعداد کل بذور می‌باشد.

سرعت جوانه‌زنی نیز از رابطه ۲ محاسبه گردید (Ziaei and Jafari, 2022). شاخص بنیه بذر نیز از رابطه ۳ محاسبه شد (ISTA, 2009).

$$GR = \sum (ni/di) \quad (\text{رابطه ۲})$$

GR = سرعت جوانه‌زنی، ni = تعداد بذور جوانه‌زده در روز i ام و di = زمان پس از کاشت مرتبط با ni بر حسب روز (رابطه ۳)

VI = شاخص بنیه بذر، SG = درصد جوانه‌زنی استاندارد، SL = طول گیاه‌چه (سانتی‌متر)

جهت اندازه‌گیری آنزیم آلفا‌آمیلاز، دو گرم گیاه‌چه نمونه‌گیری شد. سپس به گیاه‌چه‌ها، پنج میلی‌لیتر محلول بافر فسفات ۶۰ میلی‌مولار اضافه شد و روی یخ سائیده شد، مخلوط حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۴ درجه سلسیوس قرار گرفت. مخلوط به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند تا عصاره گیاه‌چه حاصل شود. فعالیت آنزیمی در قسمت رویی با استفاده از معرف ۳ و ۵ دی نیترو سالیسیلیک اسید (DNS) و با استفاده از نشاسته یک درصد به‌عنوان سوبسترا در جذب نمونه در ۵۴۰ نانومتر به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (UK, 2100-UV) اندازه‌گیری شد. مقدار جذب نمونه مورد آزمایش منهای مقدار جذب نمونه شاهد، به عنوان مقدار واقعی جذب در نظر گرفته شد. فعالیت آنزیم بر اساس واحد محاسبه شد. یک واحد برابر با میلی‌گرم مالتوز تولید شده در یک دقیقه در یک گرم وزن تر بود. برای رسم

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی

اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار گردید (جدول ۱). بیش‌ترین درصد

بررسی سطوح مختلف پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر برخی خصوصیات جوانه‌زنی این گیاه در شرایط تنش خشکی انجام گردید. به نظر می‌رسد که این پژوهش، اولین تحقیق بر روی بررسی خصوصیات جوانه‌زنی گیاه انزروت در داخل و خارج کشور باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه تربت حیدریه در سال ۱۴۰۲ اجرا گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح پتانسیل اسمزی (آب مقطر، ۲-، ۴- و ۶- بار) و هشت تیمار پرایمینگ بذر شامل هیدروپرایمینگ (آب مقطر)، عدم پرایمینگ (شاهد)، پرایمینگ با جیبرلین (۴۰۰ پی‌پی‌ام)، سالیسیلیک اسید (۴۰۰ پی‌پی‌ام)، نیترات پتاسیم (سه در هزار)، سولفات روی (سه در هزار)، هیومیک اسید (۴۰۰ پی‌پی‌ام) و نانوذره دی-اکسید سیلیسیم (۴۰۰ پی‌پی‌ام) بودند.

بذرهای جمع‌آوری شده از درختچه‌هایی از منطقه هوشک سراوان سیستان و بلوچستان در فروردین سال ۱۴۰۲ جمع‌آوری گردید. کپسول و میوه با دقت با دست تمیز شد و بذر باقی‌مانده جهت انجام آزمایش به آزمایشگاه برده شد. پس از شستشو با آب معمولی و آب مقطر و ضدعفونی به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۲۰ درصد قرار گرفتند و در نهایت با آب مقطر چندین بار شستشو داده شدند. سپس کمی خراش‌دهی شده، در محلول‌های تهیه شده، قرار داده شده و شش ساعت در شیکر قرار گرفتند. در ادامه، به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند تا رطوبت بذور، به حالت اولیه برسد. از هر تیمار، ۲۵ عدد بذر در پتری‌دیش و روی کاغذ صافی واتمن قرار داده شد. به‌منظور تهیه پتانسیل‌های اسمزی مورد نظر، از ماده پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG₆₀₀₀) و روش میشل و کافمن استفاده شد (Michel and Kaufman, 1973).

بعد از اضافه کردن محلول‌های پلی‌اتیلن‌گلیکول ساخته شده، پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه منحنی استاندارد با غلظت‌های متوالی مالتوز از صفر تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تهیه شد (Xiao et al., 2006).

داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

سرعت جوانه‌زنی

اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار گردید (جدول ۱). با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی از سرعت جوانه‌زنی در تمام سطوح پرایمینگ کاسته شد. بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار و پرایمینگ بذر با تیمار سولفات روی مشاهده شد و تنها در این تیمار بود که سرعت جوانه‌زنی به بیش از دو روز رسید. در سایر تیمارها سرعت جوانه‌زنی کم‌تر از ۱/۹۰ روز بود (جدول ۳). تیمار هیدروپرایمینگ، با سرعت جوانه‌زنی ۱/۸۹ روز از این نظر در رتبه بعدی قرار گرفت.

در تیمار پتانسیل اسمزی ۶- بار نیز بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به تیمار سولفات روی بود و تنها در این تیمار بود که سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش شدید به بیش از ۰/۱۷۰ روز رسید (جدول ۳). کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی نیز در شرایط عدم پرایمینگ بذر و پتانسیل اسمزی ۲-، ۴- و ۶- بار مشاهده شد، به‌طوری‌که در این تیمار، سرعت جوانه‌زنی کم‌تر از یک روز بود (جدول ۳). سرعت جوانه‌زنی نیز مشابه درصد جوانه‌زنی، کاهش قابل توجهی در تیمار عدم پرایمینگ بذر نسبت به شرایط پرایمینگ در سه سطح پتانسیل اسمزی ۲-، ۴- و ۶- بار داشت (جدول ۳). پرایمینگ، خصوصاً با سولفات روی، در سطوح پتانسیل اسمزی ۲-، ۴- و ۶- بار توانست سبب افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی نسبت به شرایط عدم پرایمینگ بذر گردد. منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی آب، می‌تواند توازن شیب پتانسیل اسمزی را برای جذب آب، بهم زده و این امر در ممانعت از انجام جذب آب کافی توسط بذر تاثیرگذار باشد (Nqobile et al., 2018).

در همین راستا، هادی و همکاران (Hadi et al., 2018) در بررسی اثر تنش شوری بر جوانه‌زنی و رشد اولیه درخت مسواک (*Salvadora persica* Linn)، شش سطح شوری، صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار را مورد مطالعه قرار دادند که در شوری ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌مولار، سرعت جوانه‌زنی به‌شدت کاهش یافت. سرعت جوانه‌زنی خصوصیتی است که نشان‌دهنده متوسط تعداد بذر جوانه‌زده در روز است. به‌نظر می‌رسد که با انجام پرایمینگ بذر، می‌توان تعداد بذر جوانه‌زده در روز را افزایش داد. دلیل این امر ممکن است افزایش سرعت جذب آب توسط بذرهای پرایم‌شده باشد. گزارشات علمی مختلف در این خصوص،

جوانه‌زنی در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار و پرایمینگ بذر با شش تیمار جیبرلین، سولفات روی، سالیسیلیک اسید، هیدروپرایمینگ، نانو دی‌اکسید سیلیسیم و عدم پرایمینگ وجود داشت و در این شش تیمار، میزان جوانه‌زنی ۹۰ درصد و بالاتر مشاهده شد (جدول ۲). تیمارهای پرایمینگ با هیومیک اسید و نیترات پتاسیم در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار، از این نظر در رتبه بعدی قرار گرفتند. به‌طور کلی با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی از درصد جوانه‌زنی در تمام سطوح پرایمینگ کاسته شد. در تیمار پتانسیل اسمزی ۶- بار، بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمارهای جیبرلین، هیدروپرایمینگ، سولفات روی و نانو دی‌اکسید سیلیسیم بود و این تیمارها در این سطح تنش، در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۲). کم‌ترین درصد جوانه‌زنی انزروت نیز در شرایط عدم پرایمینگ بذر و پتانسیل اسمزی ۲-، ۴- و ۶- بار مشاهده شد، به‌طوری‌که در این تیمار، درصد جوانه‌زنی کم‌تر از یک درصد بود (جدول ۲). نکته حائز اهمیت در این خصوص، کاهش قابل توجه جوانه‌زنی در تیمار عدم پرایمینگ بذر نسبت به شرایط پرایمینگ در سه سطح پتانسیل اسمزی ۲-، ۴- و ۶- بار بود (جدول ۲). لذا بر اساس نتایج تحقیق حاضر، انجام پرایمینگ در سطوح پتانسیل اسمزی ۲-، ۴- و ۶- بار سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت به عدم پرایمینگ بذر در شرایط مشابه گردید. تحقیقات نشان داده‌اند که با انجام پرایمینگ بذر سنتز پروتئین‌ها افزایش یافته و به دنبال آن، آنزیم‌های مرتبط با جوانه‌زنی، خصوصاً آلفا‌امیلاز و هیدرولاز در جنین شروع به فعالیت می‌کنند. ضمن آن که پرایمینگ باعث افزایش فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند گلووتاتیون و آسکوربات در بذر می‌گردد که این آنزیم‌ها فرایند پراکسیداسیون لیپید را در طی جوانه‌زنی کاهش داده و در نتیجه باعث افزایش میزان جوانه‌زنی می‌گردند (Patade et al., 2009). علاوه بر این، در شرایط تنش خشکی میزان هورمون ABA در بافت‌های مختلف گیاهی افزایش پیدا کرده و این امر در جلوگیری از انجام مراحل جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاه تاثیرگذار است (Ziaei and Jafari, 2022). لکن، انجام پرایمینگ می‌تواند باعث افزایش درصد جوانه‌زنی و سبز شدن بذر در دامنه‌ای از شرایط محیطی تنش‌زا مانند خشکی و دماهای بالا گردد (Bradford et al., 1990).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مربوط به خصوصیات جوانه‌زنی گیاه انزروت

Table 1. Analysis of variance traits related to germination characteristics of *Astragalus fasciculifolius* Bioss

| منابع تغییر S.O.V | درجه آزادی df | درصد جوانه‌زنی Germination percentage | سرعت جوانه‌زنی Germination rate | طول گیاهچه Seedling length | وزن گیاهچه Seedling weight | بنیه بذر Seed vigor | آنزیم آلفا آمیلاز Alpha amylase enzyme |
|--|---------------------|---|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------|--|
| پتانسیل اسمزی Osmotic potential (O) | 3 | 33666 ** | 12.9 ** | 12315 ** | 0.0122 ** | 116744695 ** | 2527 ** |
| پرایمینگ Priming (P) | 7 | 654 ** | 0.232 ** | 501 ** | 0.0004 ** | 3339942 ** | 49.1 ** |
| پتانسیل اسمزی × پرایمینگ O × P | 21 | 169 ** | 0.107 ** | 259 ** | 0.0005 ** | 2741550 ** | 12.7 ** |
| خطای آزمایشی Experimental error | 64 | 28.5 | 0.004 | 3.60 | 0.00001 | 51261 | 2.14 |
| ضریب تغییرات (%) C.V (%) | - | 17.2 | 12.0 | 11.1 | 12.9 | 18.6 | 17.3 |

** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح یک درصد و غیرمعنی‌دار

** and ns: significant at level of 1% and non-significant, respectively

جدول ۲- مقایسات میانگین اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر درصد جوانه‌زنی انزروت

Table 2. Mean comparisons of interaction of osmotic potential and seed priming on germination percentage of *Astragalus fasciculifolius* Bioss

| پتانسیل اسمزی Osmotic potential (bar) | پرایمینگ | | | | | | | |
|---|---------------------------|------------------------|-----------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| | عدم پرایمینگ (Control) | هیدرو پرایمینگ (HO) | جیبرلین (GA) | هیومیک اسید (HA) | سالیسیلیک اسید (SA) | نیترات پتاسیم (KNO ₃) | سولفات روی (ZnSO ₄) | نانو دی‌اکسید سیلیسیم (SiO ₂) |
| 0 | 95.0 a | 93.3 a | 90.0 ab | 81.6 b | 90.0 ab | 53.3 c | 93.3 a | 95.0 a |
| -2 | 0.00 j | 33.3 d | 23.3 ef | 23.3 ef | 16.6 fg | 13.3 g-i | 23.3 ef | 26.6 de |
| -4 | 0.00 j | 16.6 f-h | 18.3 e-g | 6.66 h-j | 5.00 ij | 3.33 j | 15.0 g-i | 18.3 e-g |
| -6 | 0.00 j | 5.66 ij | 13.3 g-i | 3.33 j | 3.33 j | 1.66 j | 13.3 g-i | 13.3 g-i |

میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, do not have a significant difference at level of 1% based on the LSD test.

در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار و پرایمینگ بذر با جیبرلین مشاهده شد و تنها در این تیمار بود که طول گیاهچه به بیش از ۸۹ میلی‌متر رسید. در سایر تیمارها، طول گیاهچه کم‌تر از ۶۱ میلی‌متر بود (جدول ۴). پس از این تیمار، تیمار پرایمینگ با سولفات روی در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار، در رتبه بعدی قرار گرفت. به‌طور کلی با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی از طول گیاهچه در تمام سطوح پرایمینگ کاسته شد.

تیمارهای پرایمینگ متعددی را به‌منظور تقویت جوانه‌زنی بذور مطرح کرده‌اند. این تیمارها، قادرند تا زمان بین کاشت و سبز شدن را کوتاه کرده و بذور را از تنش‌های زنده و غیرزنده در طی مرحله بحرانی استقرار گیاهچه محافظت کنند (Farooq *et al.*, 2007).

طول گیاهچه

اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر طول گیاهچه معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین طول گیاهچه



شکل ۱- اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر بر رشد گیاهچه‌های انزروت (*Astragalus fasciculifolius* Bioss.) در اواسط مرحله رشد (روز ۱۴)

شاهد = Co، سالیسیلیک اسید = SA، جیبرلین = GA، هیومیک اسید = HO، هیدروپرایمینگ = Hy، نترات پتاسیم = KNO₃، دی اکسید سیلیسیم نانو = Si(Na)، سولفات روی = ZnSO₄

Figure 1. The effect of different seed priming treatments on the growth of *Astragalus fasciculifolius* Bioss. in the middle of the growth stage (14th day)

Control = Co, Salicylic Acid = SA, Gibberellin = GA, Humic Acid = HO, Hydropriming = Hy, Potassium Nitrate = KNO₃, Silicon Dioxide Nano = Si(Na), Zinc Sulfate = ZnSO₄

اسمزی محلول) بر روی طول گیاهچه انزروت اثر سوء داشته است.

از طرف دیگر، در طی عمل پرایمینگ بذر سنتز برخی پروتئین‌ها و فعال‌سازی برخی آنزیم‌ها (به‌خصوص هیدرولاز و آلفا‌آمیلاز) در جنین افزایش می‌یابد (Farooq *et al.*, 2007). این آنزیم‌ها با تجزیه اندوخته غذایی، مواد غذایی قابل جذب، را در اختیار جنین قرار می‌دهند، در نتیجه رشد گیاهچه با سرعت بیشتری انجام می‌شود. در پژوهش حاضر، یکی از ترکیبات موثر در افزایش طول گیاهچه، جیبرلین بود. جیبرلین یکی از مهم‌ترین هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد طولی در گیاهان بوده و هر گونه اختلال در عمل این هورمون می‌تواند باعث بازدارندگی تقسیم سلول و در نتیجه کاهش رشد گیاه شود و برعکس، افزایش غلظت آن در بافت‌های گیاهی می‌تواند منجر به افزایش رشد طولی گردد (Dhoran and Gudadhe, 2012; Koocheki and Sarmad Nia, 2013). یافته‌های تحقیق حاضر در این خصوص، با نتایج محققین دیگر مطابقت

با این وجود، در شرایط ۲- بار نیز بیش‌ترین طول گیاهچه در تیمار پرایمینگ بذر با جیبرلین مشاهده شد و در این سطح از پتانسیل اسمزی نیز بیش‌ترین طول گیاهچه در شرایط پرایمینگ بذر با جیبرلین مشاهده گردید. به عبارت بهتر، در این سطح از پتانسیل اسمزی، فقط در تیمار جیبرلین بود که طول گیاهچه به بیش از ۲۱ میلی‌متر رسید و در این سطح از تنش، در سایر تیمارها طول گیاهچه، کم‌تر از ۱۶/۵ میلی‌متر بود (جدول ۴). البته در تیمار پتانسیل اسمزی ۶- بار، تمامی تیمارهای پرایمینگ (به غیر از شاهد) در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۴ و شکل ۱). کم‌ترین طول گیاهچه نیز در شرایط عدم پرایمینگ بذر و پتانسیل اسمزی ۲-، ۴- و ۶- بار مشاهده شد. به‌طوری‌که در این تیمارها، طول گیاهچه کم‌تر از یک میلی‌متر بود (جدول ۴). تحقیقات علمی، اثبات کرده‌اند که با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی، جذب آب کم‌تری توسط گیاه صورت می‌گیرد (Kafi *et al.*, 2018) و چنین به‌نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر، این موضوع (منفی‌تر شدن پتانسیل

جدول ۳- مقایسات میانگین اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر سرعت جوانه‌زنی انزروت (روز)

Table 3. Mean comparisons of interaction of osmotic potential and seed priming on germination rate of *Astragalus fasciculifolius* Bioss (day)

| پتانسیل اسمزی Osmotic potential (bar) | پرایمینگ | | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| | عدم پرایمینگ (Control) | هیدروپرایمینگ (HO) | جیبرلین (GA) | هیومیک اسید (HA) | سالیسیلیک اسید (SA) | نیترات پتاسیم (KNO ₃) | سولفات روی (ZnSO ₄) | نانو دی‌اکسید سیلیسیم (SiO ₂) |
| 0 | 1.69 c | 1.89 b | 1.53 d | 1.51 d | 1.68 c | 0.786 e | 2.09 a | 1.76 c |
| -2 | 0.00 o | 0.473 f | 0.354 gh | 0.240 ij | 0.193 i-k | 0.148 j-n | 0.258 hi | 0.380 fg |
| -4 | 0.00 o | 0.157 j-m | 0.223 ij | 0.062 m-o | 0.055 no | 0.062 m-o | 0.192 ik | 0.259 hi |
| -6 | 0.00 o | 0.070 l-o | 0.166 i-l | 0.061 m-o | 0.108 k-n | 0.069 l-o | 0.175 i-k | 0.164 i-l |

میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.
Means that have a common letter, do not have a significant difference at level of 1% based on the LSD test.

جدول ۴- مقایسات میانگین اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر طول گیاهچه انزروت (میلی‌متر)

Table 4. Mean comparisons of interaction of osmotic potential and seed priming on seedling length of *Astragalus fasciculifolius* Bioss (mm)

| پتانسیل اسمزی Osmotic potential (bar) | پرایمینگ | | | | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| | عدم پرایمینگ (Control) | هیدروپرایمینگ (HO) | جیبرلین (GA) | هیومیک اسید (HA) | سالیسیلیک اسید (SA) | نیترات پتاسیم (KNO ₃) | سولفات روی (ZnSO ₄) | نانو دی‌اکسید سیلیسیم (SiO ₂) |
| 0 | 48.0 c | 41.6 d | 89.6 a | 38.3 e | 57.0 b | 24.3 f | 60.0 b | 46.6 c |
| -2 | 0.00 n | 10.3 hi | 21.3 f | 11.3 h | 5.00 j-m | 7.00 ij | 16.3 g | 15.6 g |
| -4 | 0.00 n | 3.66 lm | 8.00 ij | 3.33 lm | 2.66 mn | 6.00 j-l | 3.66 lm | 2.66 mn |
| -6 | 0.00 n | 3.66 lm | 4.33 k-m | 3.66 lm | 4.33 k-m | 3.00 l-n | 3.66 lm | 3.00 l-n |

میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.
Means that have a common letter, do not have a significant difference at level of 1% based on the LSD test.

سیلیسیم مشاهده گردید. این نتایج، حکایت از نقش مثبت سولفات روی در بهبود وزن گیاهچه انزروت دارند. مشخص شده است عنصر روی به واسطه تاثیر بر سنتز هورمون اسید ایندول استیک، می تواند باعث تحریک رشد رویشی گیاه شود (Brown et al., 1993). یافته های علمی حکایت از آن دارند که یکی از آنتی اکسیدانتهای مهم که در زمان بروز تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی، سبب محافظت از اندامک های درون سلولی در مقابل حملات گونه های فعال اکسیژن (ROS) می شود، آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) است. گزارش شده است که عنصر روی برای برخی از انواع آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به عنوان کوفاکتور عمل کرده و فراهمی آن می تواند در بهبود فعالیت این آنزیم و ممانعت از بروز خسارات تنش اکسیداتیو موثر باشد (Soleimani et al., 2017; Kafi et al., 2018) شاید بتوان نتایج آزمایش را به این دلیل دانست. در پژوهش حاضر، در شرایط تنش خشکی شدید (پتانسیل اسمزی ۶- بار)، بیشترین وزن گیاهچه (۰/۱۹ میلی گرم) متعلق به تیمار هیدروپرایمینگ بود و به نظر می رسد که در این سطح از تنش، پیش تیمار بذر با هیدروپرایمینگ، می تواند بهترین تاثیر را در جذب آب توسط بذر و به دنبال آن، بهبود رشد گیاهچه داشته باشد.

بنیه بذر

اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر بنیه بذر معنی دار شد (جدول ۱). بالاترین بنیه بذر در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار و پرایمینگ بذر با جیبرلین مشاهده شد و تنها در این تیمار بود که بنیه بذر بیش از ۸۰۰۰ مشاهده شد. در سایر تیمارها، بنیه بذر کم تر از ۵۷۰۰ بود (جدول ۶). پس از این تیمار، تیمار پرایمینگ با سولفات روی در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار، در رتبه بعدی قرار گرفت. در صفت بنیه بذر نیز با منفی تر شدن پتانسیل اسمزی، از بنیه بذر در تمام سطوح پرایمینگ کاسته شد. در تیمار پتانسیل اسمزی ۶- بار، بالاترین بنیه بذر متعلق به سه تیمار پرایمینگ با جیبرلین، سولفات روی و نانو دی اکسید سیلیسیم بود (جدول ۶). کمترین بنیه بذر نیز در شرایط عدم پرایمینگ بذر و پتانسیل اسمزی ۲-، ۴- و ۶- بار مشاهده شد، به طوری که در این تیمارها، بنیه بذر صفر بود (جدول ۶). چنین به نظر می رسد که افزایش شدت تنش خشکی، به واسطه ایجاد اختلال در جذب آب توسط بذر و همچنین تاثیر بر روی شکل گیری

دارد. درویشی زیدآبادی و همکاران (Darvishi Zeyd Abadi et al., 2015) نیز گزارش نمودند که بیشترین طول گیاهچه در گیاه زیره سیاه چندساله از ترکیب تیماری جیبرلیک اسید به همراه بنزیل آدنین به دست آمد.

وزن گیاهچه

اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر وزن گیاهچه معنی دار شد (جدول ۱). بدین صورت که بیشترین وزن گیاهچه در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار و پرایمینگ بذر با سولفات روی مشاهده شد و تنها در این تیمار بود که وزن گیاهچه به بیش از ۰/۰۹ میلی گرم رسید (جدول ۴). پس از این تیمار، تیمار پرایمینگ با سالیسیلیک اسید در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار، در رتبه بعدی قرار گرفت. به طور کلی منفی تر شدن پتانسیل اسمزی، وزن گیاهچه را در تمام سطوح پرایمینگ کاهش داد. با این وجود، در شرایط ۲- بار، بیشترین وزن گیاهچه در سه تیمار پرایمینگ بذر با جیبرلین، سولفات روی و نانو دی-اکسید سیلیسیم مشاهده شد و در این سطح از پتانسیل اسمزی، فقط این سه تیمار بودند که وزن گیاهچه بیش از ۲۱ میلی گرم از خود نشان دادند (جدول ۴). هر چند تیمار شاهد، در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار، وزن گیاهچه نسبتاً بالایی (۰/۰۶۸ میلی گرم) را از خود نشان داد، اما کمترین وزن گیاهچه در شرایط عدم پرایمینگ بذر و پتانسیل اسمزی ۲-، ۴- و ۶- بار مشاهده شد. به طوری که در این تیمارها، وزن گیاهچه کم تر از یک میلی گرم بود (جدول ۴). گزارش شده است که در شرایط وقوع تنش خشکی، میزان هورمون ABA در بافت های گیاهی افزایش پیدا می کند که این موضوع ناشی از بیان ژن این هورمون تحت درک اثرات تنش خشکی توسط گیاه است (Demir Kaya et al., 2013; Koocheki and Sarmad Nia, 2006). به نظر می رسد که پرایمینگ بذر موجب بیان کم تر ژن این هورمون و افزایش میزان اسیدهای نوکلئیک، پروتئین ها و همچنین افزایش تحرک مواد ذخیره شده در بذر می گردد که در نتیجه آن، گیاهچه های قوی تری در سطح خاک ظاهر می شوند (Ziaei and Jafari, 2022) که شاید دلیلی بر مشاهده این نتایج در این آزمایش باشد. علاوه بر این، در تحقیق حاضر، بیشترین وزن گیاهچه در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار در پرایمینگ بذر با سولفات روی مشاهده شد و در شرایط ۲- بار، بیشترین وزن گیاهچه در سه تیمار پرایمینگ بذر با سولفات روی، جیبرلین و نانو دی اکسید

جدول ۵- مقایسات میانگین اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر وزن گیاهچه انزروت (میلی گرم)

Table 5. Mean comparisons of interaction of osmotic potential and seed priming on seedling weight of *Astragalus fasciculifolius* Bioss (mg)

| پتانسیل اسمزی Osmotic potential (bar) | پرایمینگ | | | | | | | |
|--|---------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| | عدم پرایمینگ (Control) | هیدروپرایمینگ (HO) | جیبرلین (GA) | هیومیک اسید (HA) | سالیسیلیک اسید (SA) | نیترات پتاسیم (KNO ₃) | سولفات روی (ZnSO ₄) | نانو دی اکسید سیلیسیم (SiO ₂) |
| 0 | 0.068 c | 0.040 f | 0.051 e | 0.060 d | 0.083 b | 0.050 g | 0.092 a | 0.040 f |
| -2 | 0.00 r | 0.011 m-p | 0.025 h | 0.014 l-n | 0.014 l-n | 0.015 k-m | 0.022 hi | 0.022 hi |
| -4 | 0.00 r | 0.017 j-l | 0.014 l-o | 0.021 h-j | 0.008 pq | 0.011 m-p | 0.011 m-p | 0.022 hi |
| -6 | 0.00 r | 0.019 i-k | 0.011 m-p | 0.013 l-o | 0.016 kl | 0.009 o-q | 0.010 n-q | 0.006 q |

میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, do not have a significant difference at level of 1% based on the LSD test.

جدول ۶- مقایسات میانگین اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر بنیه بذر انزروت

Table 6. Mean comparisons of interaction of osmotic potential and seed priming on seed vigor of *Astragalus fasciculifolius* Bioss

| پتانسیل اسمزی Osmotic potential (bar) | پرایمینگ | | | | | | | |
|--|---------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| | عدم پرایمینگ (Control) | هیدروپرایمینگ (HO) | جیبرلین (GA) | هیومیک اسید (HA) | سالیسیلیک اسید (SA) | نیترات پتاسیم (KNO ₃) | سولفات روی (ZnSO ₄) | نانو دی اکسید سیلیسیم (SiO ₂) |
| 0 | 4556 d | 3900 e | 8073 a | 3128 f | 5123 c | 1320 g | 5601 b | 4433 d |
| -2 | 0.00 k | 348 h-k | 498 h | 270 h-k | 81 i-k | 90i-k | 390 hij | 420 hi |
| -4 | 0.00 k | 61.6 i-k | 148 h-k | 21.6 jk | 13.0 k | 21.6 jk | 55.0 i-k | 48.3 jk |
| -6 | 0.00 k | 20.3 k | 58.3 i-k | 11.6 k | 16.6 k | 3.33 k | 50.0 jk | 40.0 jk |

میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, do not have a significant difference at level of 1% based on the LSD test.

جدول ۷- مقایسات میانگین اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز انزروت (میلی گرم مالتوز تولید شده در دقیقه در یک گرم وزن تر)

Table 7. Mean comparisons of interaction of osmotic potential and seed priming on Alpha amylase enzyme activity of *Astragalus fasciculifolius* Bioss (nM min⁻¹)

| پتانسیل اسمزی Osmotic potential (bar) | پرایمینگ | | | | | | | |
|--|---------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--|
| | عدم پرایمینگ (Control) | هیدروپرایمینگ (HO) | جیبرلین (GA) | هیومیک اسید (HA) | سالیسیلیک اسید (SA) | نیترات پتاسیم (KNO ₃) | سولفات روی (ZnSO ₄) | نانو دی اکسید سیلیسیم (SiO ₂) |
| 0 | 26.0 a | 25.6 a | 24.7 ab | 22.4 b | 24.7 ab | 14.6 c | 25.6 a | 26.0 a |
| -2 | 0.00 j | 9.13 d | 6.39 ef | 6.39 ef | 4.56 fg | 3.65 g-i | 6.39 ef | 7.31 de |
| -4 | 0.00 j | 4.56 fg | 5.00 e-g | 1.82 h-j | 1.37 ij | 0.913 j | 4.11 f-h | 5.00 e-g |
| -6 | 0.00 j | 1.55 ij | 3.56 g-i | 0.913 j | 0.913 j | 0.456 j | 3.65 g-i | 3.65 g-i |

میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Means that have a common letter, do not have a significant difference at level of 1% based on the LSD test.

فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز را در تمام سطوح پرایمینگ کاهش داد. در تیمار پتانسیل اسمزی ۶- بار نیز بیشترین فعالیت آنزیم مربوط به تیمارهای جیبرلین، سولفات روی و نانو دی اکسید سیلیسیم بود و این تیمارها در این سطح تنش، در یک کلاس آماری قرار داشته و فعالیت آنزیم بیش از ۳/۵ میلی گرم بر دقیقه از خود نشان دادند (جدول ۷). کاهش قابل توجه فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در تیمار عدم پرایمینگ بذر نسبت به شرایط پرایمینگ در سه سطح پتانسیل اسمزی ۲-، ۴- و ۶- بار مشاهده شد (جدول ۷). پرایمینگ بذر، سنتز و فعال شدن اولیه آنزیم‌های هیدرولتیک چون α و β آمیلاز را تحریک می‌کند و این آنزیم‌ها نیز با اکسیداسیون مواد غذایی ذخیره‌ای بذر، انرژی مورد نیاز برای فرایند جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه را تأمین می‌کنند (Farooq *et al.*, 2009). به عبارت دیگر، طی عمل پرایمینگ بذر افزایش سنتز برخی پروتئین‌ها و فعال‌سازی برخی آنزیم‌ها به خصوص هیدرولاز و آلفاآمیلاز در جنین رخ می‌دهد (Farooq *et al.*, 2007). این آنزیم‌ها نیز با تجزیه اندوخته غذایی سبب می‌شوند تا مواد غذایی قابل جذب، در اختیار جنین قرار بگیرند. در نتیجه رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه با سرعت بیش‌تری صورت می‌پذیرد (Ziaei and Jafari, 2022). فرهودی (Farhoudi, 2012) نیز در بررسی اثر تنش شوری بر رشد اولیه گیاهچه‌های کلزا، کاهش معنی‌دار فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز را طی افزایش شدت تنش در تمامی ارقام کلزا گزارش کرد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که با کاهش پتانسیل اسمزی از میزان طول و وزن گیاهچه، بنیه بذر و هیدروپرایمینگ، اثربخشی بهتری در بهبود صفات مورد مطالعه داشتند. از این رو، به‌نظر می‌رسد که می‌توان تیمار پرایمینگ بذور انزروت با این ترکیبات را برای بهبود صفات جوانه‌زنی و رشد اولیه این گیاه توصیه نمود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئول محترم آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه تربیت حیدریه که در اجرای این پژوهش ما را یاری کردند، ابراز نمایند.

رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS)، سبب کاهش بنیه بذر شده است. بنیه بذر، یکی از صفات فیزیولوژیک مهم در بررسی توان و شادابی بذر می‌باشد و بنیه بذر بالا، حکایت از قدرت بالای بذر در انجام جوانه‌زنی و رشد اولیه خوب گیاهچه دارد (Sharma *et al.*, 2006). نتایج تحقیق حاضر، با نتایج محققین دیگر در توافق است. ضیایی و همکاران (Ziaei and Jafari, 2022) نیز گزارش کردند که در بین تیمارهای مختلف پرایمینگ، بالاترین بنیه بذر متعلق به پرایمینگ با جیبرلین و هیدروپرایمینگ بود. در پژوهش آن‌ها نیز منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی، بنیه بذر را در تمام سطوح پرایمینگ کاهش داد. در تحقیقی دیگر، بعلبکی و همکاران (Baalbaki *et al.*, 2009) عنوان کردند که کاربرد جیبرلین در گیاه مارچوبه سبب افزایش بنیه بذر گردید.

آنزیم آلفاآمیلاز

اثر متقابل پتانسیل اسمزی و پرایمینگ بذر بر فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز معنی‌دار شد (جدول ۱). بالاترین فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار و پرایمینگ بذر با تیمار جیبرلین وجود داشت و در این شش تیمار، فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز به بیش از ۲۴ میلی گرم بر دقیقه رسید (جدول ۷). تیمارهای پرایمینگ با هیومیک اسید و نیترات پتاسیم در شرایط پتانسیل اسمزی صفر بار، به‌ترتیب با ۲۲/۴ و ۱۴/۶ نانو مول بر دقیقه، از این نظر در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در تیمار پتانسیل اسمزی ۲- بار، بیش‌ترین فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز مربوط به تیمارهای هیدروپرایمینگ و نانو دی‌اکسید سیلیسیم بود و این دو تیمار در این سطح تنش، در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۷). به‌طور کلی منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی، درصد و سرعت جوانه‌زنی و همچنین فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز در بذور پرایمینگ‌شده برای تمامی تیمارها کاسته شد. با این حال پرایمینگ بذر سبب افزایش صفات مورد بررسی در این آزمایش نسبت به تیمار عدم پرایمینگ در شرایط اعمال تنش گردید. در بین تیمارهای پرایمینگ بذر، جیبرلین و سولفات روی، بهترین اثربخشی را در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه انزروت در شرایط عدم تنش (پتانسیل صفر بار) و تنش شدید (پتانسیل ۶- بار) داشتند. در شرایط تنش خفیف (پتانسیل ۲- بار) نیز پیش‌تیمار بذور با نانو ذره دی‌اکسید سیلیسیم و

منابع

- Baalbaki, R., Elias, S., Marcos-Filho, J. and McDonald, M.B. 2009. Seed Vigor Testing Handbook, AOSA, Ithaca, NY, USA, pp: 341. **(Handbook)**
- Bradford, K.J., Steiner, J.J. and Trawatha, S.E. 1990. Seed priming influence on germinating and emergence of pepper seed lots. *Crop Science*, 30: 718-721. **(Journal)**
- Brown, P.H., Cakmak, I. and Zhang, Q. 1993. Form and Function of Zinc in Plants. Page: 93-106. In: Robson, A. D. (Ed). *Zinc in soil and plants*. Kluwar Academic Publishers. Dordecht, the Netherlands. **(Book)**
- Burguieres, E., McCu, P., Kwon, Y. and Shetty, K. 2009. Effect of vitamin C and folic acid on seed vigor response and phenolic-linked antioxidation activity. *Bioresource Technology*, 98: 1393-1404. **(Journal)**
- Chimenti, C.A., Marcantonio, M. and Hall, A.J. 2006. Divergent selection for osmotic adjustment results in improved drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) in both early growth and flowering phases. *Field Crops Research*, 95: 305-315. **(Journal)**
- Darvishi Zeyd Abadi, D., Jalali Javaran, M., Dehghani, H., Baghi Zadeh, A. and Rashidi Monfared, S. 2015. The effect of different combinations of hormonal treatments on seed dormancy failure of different ecotypes of black cumin (*Bunium persicum*). *Iranian Seed Science and Research*, 2(1): 90-76. (In Persian) **(Journal)**
- Demir Kaya, M., Okçu G., Atak, M., Çikili, Y. and Kolsarici, O. 2006. Seed treatment to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24: 291-295. **(Journal)**
- Dhoran, V.S. and Gudadhe, S.P. 2012. Effect of plant growth regulators on seed germination and seedling vigor in *Asparagus sprengeri* Regel. *International Research Journal of Biological Sciences*, 1: 610. **(Journal)**
- Duman, I. 2006. Effect of seed priming with PEG and K3PO4 on germination and seedling growth in Lettuce. *Pakistan Journal of Biology Science*, 9(5): 923-928. **(Journal)**
- Farhoudi, H. 2012. Effect of salinity stress on α -amylase activity, cell membrane leakage and seedling growth of canola cultivars. *Journal of Plant Process and Function*, 1(1): 14-25. (In Persian) **(Journal)**
- Farooq, M., Wahid, A. and Lee, D.J. 2009. Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane properties. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31: 937-945. **(Journal)**
- Farooq, M., Basra, S.M. and Ahmad, A.N. 2007. Improving the performance of transplanted rice by seed priming. *plant growth regulator*, 51: 129-137. **(Journal)**
- Ghahreman, A. 1993. *Plant Systematic; Cormophytes of Iran*. University Publication Center, Tehran, 842p. (In Persian) **(Book)**
- Hadi, S.M.S., Ahmed, M.Z., Hameed, A., Ajmal Khan, M. and Gul, B. 2018. Seed germination and seedling growth responses of toothbrush tree (*Salvadora persica* Linn.) to different interacting abiotic stresses. *Flora*, 243: 45-52. **(Journal)**
- Harris, D. 2006. Development and testing of on-farm seed priming. *Advances in Agronomy*, 90: 129-178. **(Journal)**
- Hossieni Nejad, N., Einali, A. and Ziaei, S.M. 2022. Reduction of Drought Stress Effects on Guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) using Ascorbic Acid and Calcium Carbonate. *Legume Research*, 10.18805/LRF-709. **(Journal)**
- ISTA (International Seed Testing Association). 2009. *International Role for Seed Testing*. International Seed Testing Associations. Bassersdorf, Switzerland. **(Handbook)**
- Kafi, M., Borzuie, A., Salehi, M., Kamandi, M., Masumi, A. and Nabati, J. 2018. *Physiology of Environmental Stresses in Plants*. Jihad Daneshgahi Publications of Mashhad. 502 p. (In Persian) **(Book)**
- Koocheki, A.R. and Sarmad Nia, Gh. 2013. *Crop Physiology*. Ferdowsi University of Mashhad Publications. (In Persian) **(Book)**
- Michel, B.E. and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, 51: 914-916. **(Journal)**
- Nosrati, F., Fakheri, B., Solouki, M., Mahdi Nezhad, N. and Valizadeh, M. 2019. Analysis of some phytochemical characteristics of *Astragalus fasciculifolius* Boiss. in natural habitats of South Sistan

- and Baluchistan Province, Iran. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 35(1): 68-79. (In Persian) **(Journal)**
- Nqobile, A., Masondo M.G., Kulkarni, J.F., Finnie, J. and Van, S. 2018. Influence of bio stimulants-seed-priming on *Ceratotherca triloba* germination and seedling growth under low temperatures, low osmotic potential and salinity stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 147: 43-48. **(Journal)**
- Patade, V.Y., Bhargava, S. and Suquasanna, P. 2009. Halopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in sugarcane. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 134: 24-28. **(Journal)**
- Pedram, A., Tajbakhsh, M., Fathollah Taleghani, D. and Ghiyasi, M. 2019. The Effect of Different Seed Primings on Some Quantitative and Qualitative Characteristics of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 13(1): 39-56. (In Persian) **(Journal)**
- Shams Borhan, T., Mir Mahmoodi, T. and Hamze, H. 2023. Effect of priming and planting date on some morphological characteristics, whitesugar yield and its components of sugar beet (*Beta vulgaris*). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 9(4): 1-14. (In Persian) **(Journal)**
- Sharma, R.K., Sharma, S. and Sharma, S.S. 2006. Seed germination behavior of some medicinal plants of Lahaul and Spiti cold desert (Himachal Pradesh): implications for conservation and cultivation. *Current Sciences*, 90(8): 1113-1118. **(Journal)**
- Soleimani, R., Nour Gholipour, F. and Moshiri, F. 2017. The effect of foliar application of zinc, iron and manganese on the yield and nutrient content of safflower seed (*Carthamus tinctorius* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 19(1): 1-12. (In Persian) **(Journal)**
- Xiao, Z., Storms, R. and Tsang, A. 2006. A quantitative starch-iodine method for measuring alpha-amylase and glucoamylase activities. *Analytical Biochemistry*, 351: 146-148. **(Journal)**
- Ziaei, S.M. and Jafari, M. 2022. Effect of different osmotic potential and seed priming levels on some germination characteristics of paneer phool (*Withania coagulans*). *Plant Production and Genetics*, 3(2): 235-246. (In Persian) **(Journal)**



Reducing the effects of drought stress on germination characteristics and initial growth of *Astragalus fasciculifolius* Bioss. through seed priming

Seyed Masoud Ziaei¹, Majid Jafari^{2*}

Received: July 26, 2023

Accepted: September 13, 2023

Abstract

Astragalus fasciculifolius Bioss. is one of the important medicinal plants in Sistan and Baluchistan regions, and the germination of this plant in this region faces a challenge due to the sensitivity of this plant to dry conditions in the germination stage. It was carried out in the laboratory in the form of a completely randomized design in three repetitions with a factorial arrangement in 2023. Experimental treatments included four levels of osmotic potential (0, -2, -4 and -6 bar) and eight seed priming treatments including hydro-priming, non-priming, priming with gibberellin, salicylic acid, potassium nitrate, zinc sulfate, humic acid and silicon dioxide nano-particles. The results showed that decrease in osmotic potential caused a decrease in length and weight of seedling, seed vigor, percentage and rate of germination and alpha-amylase enzyme activity. But seed priming reduced the negative effects of stress on these traits and improved these traits. Among the seed priming treatments, gibberellin and zinc sulfate had the best effectiveness in improving germination characteristics and early growth of *Astragalus fasciculifolius* Bioss. under conditions of no stress (osmotic potential of zero bar) and severe stress (osmotic potential of -6 bar). In mild stress conditions (osmotic potential of -2 bar), seed pre-treatment with silicon dioxide nano-particles and hydro-priming had better effectiveness in improving the studied traits. Therefore, it seems that priming treatment of *Astragalus fasciculifolius* Bioss. seeds with these compounds can be recommended to improve the germination and early growth characteristics of this plant.

Keywords: Germination percentage; Gibberellin; Hydro-priming; Seed vigor

How to cite this article

Ziaei, S.M. and Jafari, M. 2023. Reducing the effects of drought stress on germination characteristics and initial growth of *Astragalus fasciculifolius* Bioss. through seed priming. Iranian Journal of Seed Science and Research, 10(2): 67-79. (In Persian)(**Journal**)

DOI: [10.22124/jms.2023.7609](https://doi.org/10.22124/jms.2023.7609)

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit <http://jms.guilan.ac.ir/>

1. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics Engineering, Faculty of Agriculture, Higher Education Complex of Saravan, Iran. ziaeimasoud@yahoo.com

2. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Higher Education Complex of Saravan, Iran. majafari59@yahoo.com

*Corresponding author: majafari59@yahoo.com