

مقاله پژوهشی

اثر تنش کم آبی و محلول‌پاشی گیاه مادری بر خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای تولیدی سه رقم جو (*Hordeum vulgare*)مهرداد محلوجی^{۱*}، مهرداد جناب^۲

چکیده مبسوط

مقدمه: جو چهارمین غله زراعی در دنیا و در ایران دومین غله در تأمین نیازهای غذایی است. با توجه به رشد جمعیت و کمبود غذا، بررسی راهکارهای افزایش تولید از اهمیت خاصی برخوردار است. بذرهای با کیفیت و دارای بنیه بالاتر در مواجهه با تنش‌های زنده و غیرزنده، بهتر سبز شده و گیاهچه قوی‌تر با بنیه بالاتری دارند. به نظر می‌رسد یکی از راه‌کارهای مناسب در جهت کاهش یا تعدیل اثر تنش بر عملکرد، محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی می‌باشد که می‌تواند بر جوانه‌زنی و بنیه بذرهای تولیدی نیز موثر باشد. این پژوهش با هدف بررسی اثر تنش کم آبی و محلول‌پاشی گیاه مادری بر خصوصیات جوانه‌زنی و بنیه بذرهای سه رقم جو، انجام گردید.

مواد و روش‌ها: آزمایش جوانه‌زنی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار روی بذرهای حاصل از یک آزمایش مزرعه‌ای انجام شده در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کیوتراآباد اصفهان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. عامل اول محلول‌پاشی در پنج سطح (بدون محلول‌پاشی، سولفات روی (نیم درصد)، سولفات پتاسیم (نیم درصد)، اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی‌مولار) و سوپراکسید دیسموتاز (۳ در هزار) در مرحله شروع پنجه‌زنی با فاصله ۷ روز و در ۳ نوبت و عامل دوم ارقام جو در سه سطح (گوهران (متحمل به خشکی)، مهر (متحمل به شوری) و ارمان (حساس به تنش) بودند. پس از برداشت بذور از تیمار تنش قطع آبیاری در انتهای فصل، صفات جوانه‌زنی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: محلول‌پاشی گیاه مادری جو در شرایط تنش خشکی آخر فصل، تاثیر معنی‌داری بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه، ضریب آلومتری و یکنواختی جوانه‌زنی بذر داشت. همچنین بین ارقام مورد مطالعه در شرایط کم آبیاری انتهای فصل، رقم گوهران توسعه بهتر ساقه‌چه و ریشه‌چه (شاخص وزنی بنیه گیاهچه) و یکنواختی جوانه‌زنی گیاهچه بالاتری داشت.

نتیجه‌گیری: محلول‌پاشی سولفات روی و سولفات پتاسیم روی رقم‌های مختلف جو، شرایط متابولیکی مناسبی را در بذر بوجود آورده، که به دلیل توسعه بهتر ریشه‌چه و وزن خشک بیشتر آن نسبت به توسعه ساقه‌چه و در نتیجه ضریب آلومتری بالاتر و استقرار بهتر گیاهچه (یکنواختی جوانه‌زنی گیاهچه) می‌تواند شرایط رشد بهتری را در شرایط تنش خشکی فراهم نماید.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، روی، اسید سالیسیلیک، سوپراکسید دیسموتاز، شاخص بنیه گیاهچه، ضریب آلومتری

جنبه‌های نوآوری:

- ۱- در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، رقم جو گوهران به محلول‌پاشی پاسخ مثبت‌تری نشان داد.
- ۲- محلول‌پاشی‌های سولفات پتاسیم، سولفات روی و سوپراکسید دیسموتاز بر گیاه مادری رقم جو گوهران در شرایط تنش خشکی آخر فصل، بیشترین طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه را در بذرهای حاصل، ایجاد نمود.

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1400.8.1.8.2>

DOI: 10.52547/yujs.8.1.137



CrossMark

*رایانامه نویسنده مسئول: mmahlooji@areeo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۳/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۷

مقدمه

یکی از مهمترین نهادهای موثر در تولید، بذر و کیفیت آن است. کیفیت نامناسب بذر، جوانه زنی و استقرار ناکافی آن، از مشکلاتی است که تولیدکنندگان در همه مناطق با آن مواجه هستند. کیفیت بذر تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله رقم، محیط، خلوص ژنتیکی و فیزیکی، قوه نامیه و بنیه بذر، سرعت و درصد و یکنواختی جوانه زنی، تغذیه گیاه مادری، مراحل رسیدگی در زمان برداشت، صدمات مکانیکی در زمان برداشت، ذخایر بذر، سن و فرسودگی بذر و پاتوژن هاست (سرمدنیا^۱، ۱۹۹۶).

امروزه یک سوم زمینهای زراعی دنیا با کمبود آب مواجه است و انتظار می رود این نسبت تا سال ۲۰۲۵ به حدود دو سوم برسد (آنان^۲، ۲۰۰۱). براساس گزارش فائو^۳ (۲۰۱۳) ۹۰ درصد از مساحت کشور ایران در نواحی خشک و نیمه خشک قرار دارد. در میان تنشهای غیر زنده، خشکی از جمله پیچیدهترین و مخربترین تنشها در سطح جهان به حساب می آید (سکارلی^۴، ۲۰۱۰). از بین انواع مختلف تنش، تنش خشکی انتهای فصل مهمترین تنش در نواحی مدیترانه ای مانند مناطق زیادی از ایران است (بنایان^۵ و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین عملکرد غلات دانه ریز که در این مناطق کشت می شود تحت تأثیر تنش خشکی انتهای فصل قرار می گیرد (فرانسیا^۶ و همکاران، ۲۰۱۳). در غلات، حساس ترین مرحله به تنش خشکی، حد فاصل سنبله رفتن تا گلدهی است و ارقامی که قبل از گلدهی بتوانند زیست توده بالایی تولید و ذخیره آسیمیلات در ساقه را افزایش دهند، جز ارقام متحمل به خشکی محسوب می شوند. تنش خشکی در مرحله گلدهی باعث کاهش تعداد دانه به دلیل کاهش گرده های بارور می شود (جی^۷ و همکاران، ۲۰۱۰). کاهش پتانسیل آب در اثر تنش خشکی باعث کاهش تقسیم سلولی، رشد اندام های گیاه، کاهش فتوسنتز خالص، سنتر پروتئین و تغییر توازن هورمونی

گیاه می گردد (جی و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین تنش خشکی درصد، سرعت و متوسط زمان جوانه زنی، طول ریشه چه و ساقه چه و وزن خشک گیاهچه را تحت تأثیر قرار می دهد (دانشمند^۸ و همکاران، ۲۰۱۴). در شرایط تنش خشکی بعضی از عناصر از جمله دو عنصر روی و پتاسیم به عنوان عنصر ضد تنش شناخته شده و می توانند گیاهان را در برابر تنش های محیطی مقاوم کنند.

مارشئر^۹ (۱۹۹۵) معتقد است مصرف روی علاوه بر افزایش عملکرد، در بهبود صفات کیفی دانه موثر بوده و با بالا بردن پروتئین و غلظت روی در دانه می تواند در رفع کمبود روی در انسان نیز موثر واقع شود. با توجه به کاهش انتقال پتاسیم به اندام های هوایی در شرایط تنش در اراضی مورد کشت جو، محلول پاشی اندام های هوایی نیز یکی از رویکردهای مناسب جهت تأمین نیاز گیاه و افزایش عملکرد محسوب می شود. اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر طیف وسیعی از صفات جوانه زنی، رشد، عملکرد، اجزای عملکرد، فیزیولوژی و بیوشیمی گیاهان به ویژه در شرایط شور به خوبی مشخص شده است (پیراسته انوشه^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۵). محققین گزارش نمودند کاربرد اسید سالیسیلیک در گندم (عظیمی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۳) و جو (کبیری و نقی زاده^{۱۲}، ۲۰۱۵) سبب تخفیف اثر تنش خشکی گردیده است. سوپر اکسید دیسموتاز، آنزیمی است که واکنش دیسموتاسیون آنیون سوپر اکسید به اکسیژن و پراکسید هیدروژن را کاتالیز می کند. دیسموتاسیون نوع خاصی از واکنش های ردوکس است که در آن یک گونه همزمان اکسیده و احیا شده و دو محصول متفاوت ایجاد می کند. بنابراین سوپر اکسید دیسموتازها، آنتی اکسیدان های دفاعی مهم تقریباً در تمام سلول ها هستند (آلچر^{۱۳}، ۲۰۰۲).

وقوع تنش خشکی آخر فصل بر گیاهان در مزرعه در بسیاری مناطق اجتناب ناپذیر است. همچنین در بعضی مناطق کشاورزان برای افزایش درآمد و انجام کشت دوم

¹ Sarmadnia² Annan³ FAO⁴ Ceccarelli⁵ Bannayan⁶ Francia⁷ Ji⁸ Daneshmand⁹ Marschner¹⁰ Pirasteh-Anosheh¹¹ Azimi¹² Kabiri and Naghizadeh¹³ Alscher

گوهران (متحمل به خشکی)، مهر (متحمل به شوری) و ارمغان (حساس به تنش خشکی و شوری)) استفاده گردید.

آزمون جوانه‌زنی، با کشت بذرها حاصل از تیمارهای اعمال شده در مزرعه و بر اساس دستورالعمل انجمن بین‌المللی آزمون بذر ایستا اجرا شد (ایستا^۵، ۲۰۱۱). هر واحد آزمایشی شامل یک ظرف پلاستیکی به ابعاد ۱۵×۲۰ سانتی‌متر، محتوی ۲۵ عدد بذر بود که روی کاغذ صافی دو لایه مرطوب و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند. تعداد بذرها جوانه‌زده هر ۲۴ ساعت یکبار و به مدت ۷ روز شمارش شده و در نهایت تعداد گیاهچه‌های عادی، غیرعادی و جوانه نژده شمارش شدند. شاخص جوانه‌زنی خروج ۲ میلی‌متر ریشه‌چه از بذر در نظر گرفته شد. در پایان روز هفتم، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با خط‌کش اندازه‌گیری شد. برای بدست آوردن وزن خشک گیاهچه، ریشه‌چه و ساقه‌چه نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت یک صدم وزن گردیدند.

درصد جوانه‌زنی برای هر تیمار با استفاده از رابطه ۱ (n): تعداد بذر جوانه‌زده، N: تعداد کل بذر جوانه‌زده و Gp: درصد جوانه‌زنی محاسبه شد و رابطه ۲ برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی (الیس و روبرت^۶، ۱۹۸۱) (Ni): (Ni): تعداد بذر جوانه‌زده در روز i ام، Di: تعداد روز تا شمارش i ام و GR: سرعت جوانه‌زنی) استفاده گردید. اعداد خام (درصد) پس از تبدیل زاویه‌ای ($\arcsin\sqrt{x}$) توسط نرم افزار SAS آنالیز شد.

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

$$GR = \sum Ni / Di \quad \text{رابطه ۲:}$$

رابطه ۳، شاخص طولی بنیه گیاهچه (SLVI) و رابطه ۴، شاخص وزنی بنیه گیاهچه (SWVI) را نشان می‌دهد (عبدالباقی و اندرسون^۷، ۱۹۷۳).

در سال، مصرف آب‌های آخر را در غلات محدود و یا حذف می‌کنند که می‌تواند اثرات نامطلوبی بر بنیه و شاخص‌های جوانه‌زنی و نیز رشد گیاهچه‌های حاصل از بذر آن‌ها داشته باشد (محلوجی^۱ و همکاران، ۲۰۱۴). به همین منظور، برای افزایش تحمل گیاهان و کاهش اثرات منفی تنش خشکی، کاربرد هورمون، عناصر مغذی و تنظیم‌کننده‌های رشد، نظیر اسید سالیسیلیک، افزایش یافته است. امروزه برخی از محققان متعقدند که افزایش میزان آنتی اکسیدان‌ها (شامل کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز، گلوکاتیون پراکسیداز) تحمل گیاه را به تنش‌های محیطی افزایش می‌دهند (اسفندیاری^۲ و همکاران، ۲۰۰۸؛ ژئو^۳ و همکاران، ۲۰۰۵). به نظر می‌رسد یکی از راه‌کارهای مناسب در جهت کاهش یا تعدیل اثر تنش‌های محیطی بر عملکرد، محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی باشد (سید شریفی^۴ و همکاران، ۲۰۰۹). ۲۰۰۹). بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی اثر محلول‌پاشی سولفات پتاسیم، سولفات روی، هورمون اسید سالیسیلیک و سوپراکسیداز دیسموتاز روی گیاه مادری جو رشد کرده در شرایط تنش خشکی آخر فصل، بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذر حاصل انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در طی زمستان ۱۳۹۷ در آزمایشگاه بخش ثبت و گواهی بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. بذرها از بوته‌های مادری که در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در شرایط قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد ظهور سنبله، بصورت آزمایش فاکتوریل شامل عامل محلول‌پاشی در پنج سطح (آب خالص، سولفات روی (نیم درصد)، سولفات پتاسیم (نیم درصد)، اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی مولار) و سوپراکسید دیسموتاز (۳ در هزار)) که در مرحله شروع پنجه‌زنی با فاصله ۷ روز و در ۳ نوبت روی گیاه مادری انجام شدند و عامل رقم شامل سه سطح

¹ Mahlooji

² Esfandiari

³ Guo

⁴ Seyed Sharif

⁵ ISTA

⁶ Ellis and Robert

⁷ Abdul-Baki and Anderson

رابطه ۳:

$$Gp \times \text{میانگین طول ۲۵ گیاهچه} = SLVI$$

رابطه ۴:

$$Gp \times \text{میانگین وزن خشک ۲۵ گیاهچه} = SWVI$$

یکنواختی جوانه‌زنی (GU) از رابطه ۵ بدست آمد. یکنواختی جوانه‌زنی، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی از ۱۰ درصد حداکثر به ۹۰ درصد حداکثر برسد. هر چه این زمان کمتر باشد، نشان‌دهنده جوانه‌زنی یکنواخت‌تر و همزمان بذرهاست (سلطانی و مداح^۱، ۲۰۱۰).

D10 (شروع جوانه‌زنی)، مدت زمان لازم برای رسیدن به ۱۰ درصد حداکثر، D50 (میانگین جوانه‌زنی)، مدت زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر، D90 (پایان جوانه‌زنی)، مدت زمان لازم برای رسیدن به ۹۰ درصد حداکثر است.

$$\text{رابطه ۵: } GU = D90 - D10$$

از رابطه ۶ ضریب آلومتری (علی‌زاده فروتن^۲ و همکاران، ۲۰۱۴) بدست آمد (MDP): میانگین وزن خشک ساقه‌چه، MDR: میانگین وزن خشک ریشه‌چه) رابطه ۶: $(MDR / MDP) = \text{ضریب آلومتری}$

تجزیه و تحلیل آماری نتایج با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد. به دلیل معنی‌دار شدن برهم‌کنش محلول پاشی و ارقام جو در بعضی صفات، برش‌دهی^۳ سطوح محلول پاشی در ارقام استفاده شد. نمودارها با نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

درصد و سرعت جوانه‌زنی

اثر محلول پاشی گیاه مادری در شرایط تنش کم آبی انتهای فصل بر درصد و سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار نبود (جدول ۱ و ۲). ولی مقایسه میانگین‌ها بین سولفات پتاسیم و اسید سالیسیلیک تفاوت را نشان داد. همچنین تاثیر رقم و برهم‌کنش محلول پاشی و رقم بر صفت درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبود. ولی تاثیر رقم و

برهم‌کنش محلول پاشی و رقم بر صفت سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود.

برهم‌کنش محلول پاشی و ارقام جو نشان داد که در سطوح محلول پاشی آب و سوپراکسید دیسموتاز بین ارقام تفاوت معنی‌داری از نظر سرعت جوانه‌زنی وجود ندارند. تاثیر محلول پاشی سولفات پتاسیم و سولفات روی بر گیاه مادری، روند یکسانی را در ارقام گوهران و ارمغان از نظر سرعت جوانه‌زنی داشته و کمترین سرعت جوانه‌زنی در رقم مهر را ایجاد نمود. محلول پاشی اسید سالیسیلیک بیشترین سرعت جوانه‌زنی را در رقم ارمغان (۱۴ بذر در روز) و کمترین تاثیر را در رقم گوهران (۱۲/۵۴ بذر در روز) داشت (جدول ۲).

قطع آبیاری بر میزان عناصر غذایی، هورمون‌های محور جنینی و فتوسنتز گیاه مادری موثر بوده و باعث کاهش اندازه بذر و سرعت جوانه‌زنی بذر ارقام مختلف می‌شود (غلامی گنجه^۴ و همکاران، ۲۰۱۴). علت تفاوت در فرآیندهای جوانه‌زنی ارقام می‌تواند ناشی از استحکام دیواره سلولی در این ارقام باشد که مانع از نشت الکترولیت‌ها به خارج از بذر در طی فرآیندهای جوانه‌زنی می‌گردد و در نتیجه نشت متابولیت‌ها از بذرها کاهش یافته و جوانه‌زنی و بنیه بذرها بهبود می‌یابد (باسرا^۵ و همکاران، ۲۰۰۲). غلامی^۶ و همکاران (۲۰۱۸)، نیز عدم تاثیر محلول پاشی سولفات روی و آهن بر درصد جوانه‌زنی نخود را گزارش نمودند. بر عکس اسدی آقبلاغی^۷ و همکاران (۲۰۱۵) تاثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر درصد جوانه‌زنی را گزارش نمودند.

کوتاه‌تر بودن دوره جوانه‌زنی، بیانگر بالا بودن کیفیت بذر و سریع‌تر جوانه‌زدن است، ولی بایستی به برهم‌کنش صفات نیز توجه شود. بعضی محققین محلول پاشی گیاه مادری پنبه با عناصر ریزمغذی بر سرعت جوانه‌زنی را بی‌تاثیر می‌دانند (نایرن^۸ و همکاران، همکاران، ۲۰۱۱). ولی یارنیا^۹ و همکاران (۲۰۱۱) در گندم و تگزیرا^{۱۰} و همکاران (۲۰۰۴) در لوبیا، تاثیر

⁴ Gholami-ganjeh

⁵ Basra

⁶ Gholami

⁷ Asadi-Aghbalaghi

⁸ Nayerin

⁹ Yarnia

¹⁰ Teixeira

¹ Soltani and Maddah

² Alizade-Forotan

³ Slicing

بیشترین شاخص طولی را برای رقم گوهران داشت. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بیشترین شاخص را برای رقم ارمغان داشت (جدول ۲).

نتایج برهمکنش محلول‌پاشی و ارقام جو نشان داد که محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و سولفات روی بر گیاه مادری جو رقم گوهران، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و شاخص طولی بنیه گیاهچه بیشتری را تولید نمود. ارقام گوهران و ارمغان با محلول‌پاشی آب در سطح آماری (a) و رقم مهر در سطح آماری (b) از نظر صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و شاخص طولی بنیه گیاهچه قرار داشت (جدول ۲). محلول‌پاشی گیاه مادری جو رقم گوهران در شرایط تنش کم آبی انتهای فصل با کودهای سولفات پتاس و روی می‌تواند تقسیم سلولی در مریستم انتهایی ریشه‌چه و ساقه‌چه را تحریک و افزایش طول را سبب گردد و شاخص طولی بنیه گیاهچه را ارتقا دهد.

شرفی‌زاده^۲ (۲۰۱۸) افزایش تقسیم سلولی در مریستم انتهایی جو در اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک را علت افزایش طول گزارش نمود. غلامی و همکاران (۲۰۱۸) گزارش نمودند تاثیر محلول‌پاشی بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبود، ولی بر صفات طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه در سطح یک درصد تاثیری معنی‌داری داشت. همچنین محلول‌پاشی روی، آهن و اوره بیشترین تاثیر را بر میزان بنیه بذر داشت. علیزاده و ویلیز^۳ (۲۰۰۵) گزارش نمودند که سرعت جوانه‌زنی معرف بنیه بذر بوده و تفاوت در شاخص بنیه ارقام گندم (محسن‌نسب^۴ و همکاران، ۲۰۱۱) وجود دارد.

محلول‌پاشی سولفات روی و منگنز را موثر می‌دانند و علت را افزایش سرعت و توانایی جذب آب توسط پوسته بذر که به عنوان یک عایق در دیواره سلولی بوده و باعث کاهش خارج شدن شیرابه از بذر و افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌گردد، می‌دانند. به نظر می‌رسد محلول‌پاشی سولفات روی و پتاسیم روی رقم مهر در شرایط تنش کم آبی آخر فصل در مقایسه با سایر ارقام، سبب کاهش سرعت جوانه‌زنی شده است. اختلال در جذب آب و مواد توسط بذر، کاهش فعالیت‌های متابولیکی و سرعت جوانه‌زنی را به همراه دارد که با نتایج (حسینی و رضوانی مقدم^۱، ۲۰۰۶) مطابقت دارد.

طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و بنیه طولی گیاهچه

اثر محلول‌پاشی، رقم و برهمکنش محلول‌پاشی و رقم بر طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و شاخص بنیه طولی گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱).

از نظر صفت طول ریشه‌چه، برهمکنش محلول‌پاشی و ارقام جو نشان داد که فقط ارقام مختلف این آزمایش در محلول‌پاشی سولفات روی در یک سطح آماری (a) هستند و تفاوتی از نظر این صفت ندارند. تاثیر محلول‌پاشی آب و سوپراکسیداز دیسموتاز بر گیاه مادری، روند یکسانی را در ارقام گوهران و ارمغان از نظر طول ریشه‌چه داشته و کمترین میزان را رقم مهر داشت. از نظر صفت طول ساقه‌چه، برهمکنش محلول‌پاشی و ارقام جو نشان داد که ارقام مختلف این آزمایش در محلول‌پاشی سولفات روی و اسید سالیسیلیک در یک سطح آماری (a) هستند و تفاوتی از نظر این صفت ندارند. از نظر طول ساقه‌چه، بیشترین تاثیر محلول‌پاشی سوپراکسیداز دیسموتاز در رقم مهر و محلول‌پاشی آب و سولفات پتاسیم در رقم گوهران بدست آمد (جدول ۲).

از نظر صفت شاخص طولی بنیه گیاهچه، برهمکنش محلول‌پاشی و ارقام جو نشان داد که ارقام مختلف این آزمایش در محلول‌پاشی سوپراکسیداز دیسموتاز در یک سطح آماری (a) هستند و تفاوتی از نظر این صفت ندارند. تاثیر محلول‌پاشی آب بر گیاه مادری، روند یکسانی را بر ارقام گوهران و ارمغان از نظر این صفت داشت. محلول‌پاشی سولفات پتاسیم و سولفات روی

² Sharafizadeh

³ Alizadeh and Vilizi

⁴ Mohsen-Nasab

¹ Hosseini and Rezvani Moghadam

جدول ۱. تجزیه واریانس اثر محلول پاشی مای مختلف بر برخی از خصوصیات جوانه زنی رقم مورشد کوه در تحت تنش خشکی
 Table 1. Analysis of variance of the effect of different foliar applications for some of germination traits of barley genotypes grown under water stress conditions

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	درصد جوانه زنی Germination percentage	نرخ جوانه زنی Germination rate	طول ریشه Radicle length	طول ساقه Plumule length	شاخص طولی بینه کلاهچه Seedling length vigor index	وزن خشک ریشه Radicle dry weight	وزن خشک ساقه Plumule dry weight	شاخص وزنی بینه کلاهچه Seedling weight vigor index	نسبت وزن ریشه به ساقه Radicle to seedling ratio	زمان تا رسیدن به ۱۰ درصد جوانه زنی Time to 10 maximum germination percentage	یکنواختی جوانه زنی Germination uniformity
محلول پاشی (F) Foliar application	4	0.004 ^{ns}	1.59 ^{ns}	8.27 ^{**}	13.56 ^{**}	419816.3 ^{**}	0.003004 ^{**}	0.00005 ^{**}	0.14 ^{**}	0.7 ^{**}	2.27 ^{**}	128.07 ^{**}
رقم (C) Cultivar	2	0.02 ^{ns}	3.29 [*]	39.82 ^{**}	4.22 ^{**}	442361.5 ^{**}	0.00001 ^{**}	0.00002 ^{**}	0.42 ^{**}	0.28 ^{**}	0.80 ^{**}	308.12 ^{**}
محلول پاشی × ژنوتیپ (C×F)	8	0.03 ^{ns}	3.32 ^{**}	4.91 ^{**}	4.31 ^{**}	131618.7 ^{**}	0.003003 ^{**}	0.00003 [*]	0.86 ^{**}	0.03 ^{ns}	0.47 ^{**}	57.49 ^{ns}
خطا Error	45	0.01	0.86	1.18	0.42	34978.49	0.000006	0.000008	0.14	0.18	0.001	36.25
ضرایب تغییرات (Coefficient of variation)	.	8.59	3.58	7.11	5.65	7.13	9.77	10.63	8.53	14.09	5.82	12.11

ns, * and ** indicate non-significant and significant at 5 and 1 % of probability levels, respectively.
 ns, * و ** به ترتیب نشان دهنده عدم معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

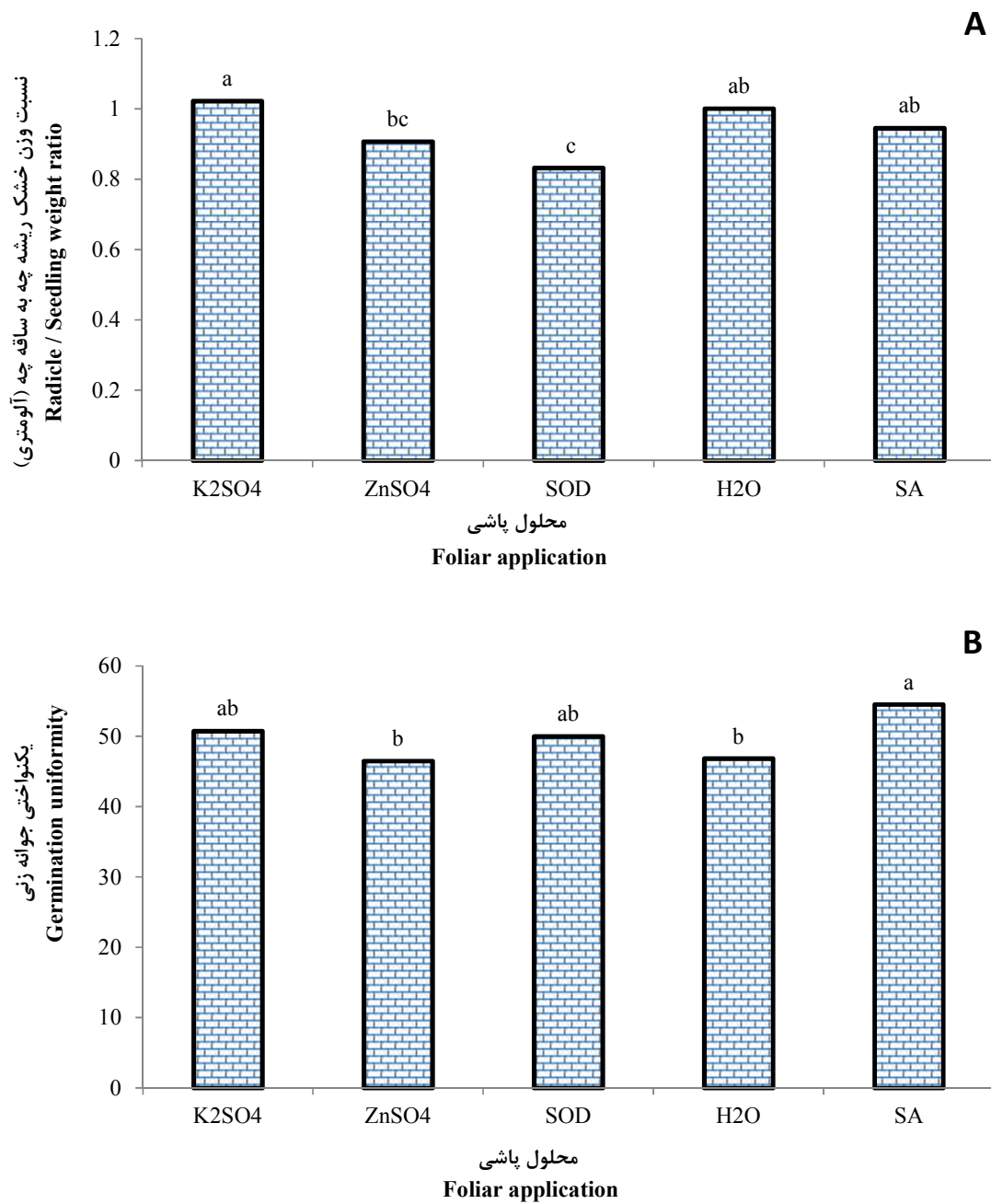
جدول ۲. مقایسه میانگین برهم‌کنش محلول‌پاشی و رقم برای صفات مورد مطالعه جو تحت تنش خشکی

Table 2. Mean comparison of the interaction of foliar application and cultivar on the studied traits of barley under drought stress

صفات Traits	محلول پاشی Foliar application	رقم (Cultivar)		
		ارمغان Armaghan	گوهران Goharan	مهر Mehr
طول ریشه چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm)	H ₂ O	18.25 ^a	17.43 ^b	13.81 ^c
	K ₂ SO ₄	13.98 ^b	16.17 ^a	14.15 ^a
	SA	16.65 ^a	14.82 ^b	12.30 ^c
	SOD	17.05 ^a	16.31 ^a	13.93 ^b
	ZnSO ₄	15.22 ^a	14.89 ^a	14.05 ^a
وزن خشک ریشه چه (گرم) Radicle dry weight (g)	H ₂ O	0.9993 ^a	0.0094 ^a	0.0080 ^b
	K ₂ SO ₄	0.0074 ^b	0.0097 ^a	0.0072 ^b
	SA	0.0088 ^a	0.0073 ^b	0.0062 ^b
	SOD	0.0084 ^a	0.0089 ^a	0.0061 ^b
	ZnSO ₄	0.0077 ^a	0.0070 ^a	0.0076 ^a
طول ساقه چه (سانتی‌متر) Plumule length (cm)	H ₂ O	12.87 ^a	13.49 ^a	11.43 ^b
	K ₂ SO ₄	9.58 ^b	12.41 ^a	11.99 ^a
	SA	10.97 ^a	11.44 ^a	10.84 ^a
	SOD	12.52 ^b	12.67 ^b	14.81 ^a
	ZnSO ₄	10.66 ^a	10.66 ^a	11.39 ^a
وزن خشک ساقه چه (گرم) Plumule dry weight (g)	H ₂ O	0.008 ^b	0.01 ^a	0.008 ^b
	K ₂ SO ₄	0.006 ^c	0.01 ^a	0.008 ^b
	SA	0.008 ^a	0.008 ^a	0.007 ^a
	SOD	0.008 ^b	0.01 ^a	0.009 ^{ab}
	ZnSO ₄	0.008 ^a	0.009 ^a	0.008 ^a
شاخص طولی بنیه گیاهچه Seedling length vigor index	H ₂ O	3018.44 ^a	2997.85 ^a	2449.77 ^b
	K ₂ SO ₄	2265.69 ^b	2746.42 ^a	2561.41 ^a
	SA	2705.46 ^a	2520.96 ^{ab}	2270.07 ^b
	SOD	2896.67 ^a	2869.72 ^a	2730.05 ^a
	ZnSO ₄	2511.26 ^{ab}	2555.5 ^a	2269.95 ^b
شاخص وزنی بنیه گیاهچه Seedling weight vigor index	H ₂ O	1.74 ^{ab}	1.89 ^a	1.59 ^b
	K ₂ SO ₄	1.31 ^c	1.91 ^a	1.51 ^b
	SA	1.66 ^a	1.49 ^{ab}	1.36 ^b
	SOD	1.67 ^b	1.90 ^a	1.49 ^b
	ZnSO ₄	1.53 ^{ab}	1.59 ^a	1.39 ^b
سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination rate (Seed per day)	H ₂ O	13.29 ^a	14.25 ^a	13.25 ^a
	K ₂ SO ₄	13.67 ^{ab}	14.79 ^a	13.39 ^b
	SA	14.02 ^a	12.54 ^b	13.62 ^{ab}
	SOD	13.96 ^a	13.46 ^a	13.96 ^a
	ZnSO ₄	15.75 ^a	14.73 ^a	12.58 ^b

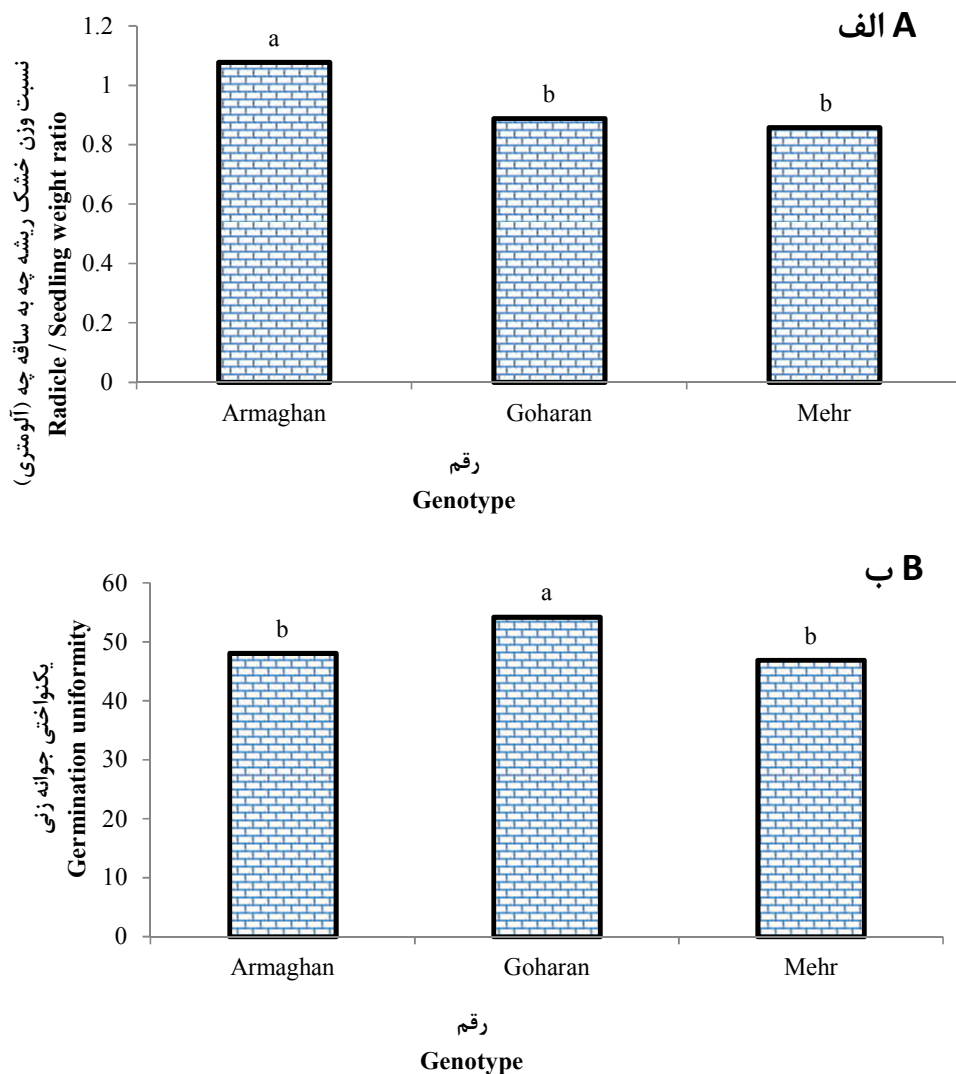
در هر ردیف و هر نوع محلول‌پاشی حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده نبود تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس رویه L. S. Means می باشد.

At least one common letter in each row of foliar application indicates no statistical difference at the 5% level of probability based on the L. S. Means procedure.



شکل ۱. مقایسه میانگین سطوح مختلف محلول پاشی برای نسبت وزن خشک ریشه چه به ساقه چه (ضریب آومتري) (الف) و یکنواختی بذر (ب).

Fig. 1. Mean comparison of foliar applications for ratio of to shoot root dry matter (allometric coefficient) (A) and germination uniformity (B).



شکل ۲. مقایسه میانگین ارقام جو برای صفات نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه (ضریب آلومتری) (الف) و یکنواختی بذر (ب).
Fig. 2. Mean comparison of barley genotypes for ratio of root to shoot dry matter (allometric coefficient) (A) and germination uniformity (B).

مادری، روند یکسانی را در ارقام گوهران و ارمغان از نظر وزن خشک ریشه‌چه داشته و کمترین میزان را رقم مهر داشت. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بیشترین وزن خشک ریشه‌چه را در رقم ارمغان و کمترین تاثیر را در رقم مهر داشت. محلول‌پاشی سولفات پتاسیم بیشترین وزن خشک ریشه‌چه را در رقم گوهران داشت (جدول ۲).

از نظر صفت وزن خشک ساقه‌چه، برهمکنش محلول‌پاشی و ارقام جو نشان داد که ارقام مختلف این آزمایش در محلول‌پاشی سولفات روی و اسید

وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و بنیه وزنی گیاهچه

اثر محلول‌پاشی، رقم و برهمکنش محلول‌پاشی و ارقام جو بر وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و شاخص بنیه وزنی گیاهچه معنی‌دار بود (جدول ۱).

از نظر صفت وزن خشک ریشه‌چه، برهمکنش محلول‌پاشی و ارقام جو نشان داد که ارقام مختلف این آزمایش در محلول‌پاشی سولفات روی در یک سطح آماری (a) هستند و تفاوتی از نظر این صفت ندارند. تاثیر محلول‌پاشی آب و سوپراکسیداز دیسموتاز بر گیاه

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان می دهد که محلول پاشی های سولفات پتاسیم، سولفات روی و سوپراکسیداز دیسموتاز بر گیاه مادری رقم جو گوهران در شرایط تنش خشکی آخر فصل، بیشترین طول ریشه چه، وزن خشک ریشه چه و وزن خشک ساقه چه را ایجاد نمود. محلول پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۱/۵ میلی مولار برگیه جو رقم گوهران نسبت به سایر ارقام در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، سرعت جوانه زنی، طول ریشه چه، وزن خشک ریشه چه، شاخص طولی و وزنی بنیه گیاهچه کمتری را تولید نمود.

شایان ذکر است محلول پاشی سولفات پتاسیم و سولفات روی رقم های مختلف جو، شرایط متابولیکی مناسبی را در بذر بوجود آورده (ضریب آلومتری بالاتر و استقرار بهتر گیاهچه) که موجب افزایش تحمل شرایط نامساعد محیطی و در نهایت عملکرد بالاتر را محقق می نماید (شکل ۱-د). همچنین بین ارقام مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی (کم آبی) آخر فصل، رقم گوهران بدلیل توسعه بهتر ساقه چه و ریشه چه (شاخص وزنی بنیه گیاهچه) و یکنواختی جوانه زنی گیاهچه بالاتر، توصیه می گردد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از کلیه همکاران بخش ثبت و نهال و گواهی بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان از جمله آقای مهندس کردی و خانم صفیری برای اندازه گیری های انجام شده تشکر و قدردانی می گردد.

سالیسیلیک در یک سطح آماری (a) هستند و تفاوتی از نظر این صفت ندارند. تاثیر کلیه محلول پاشی ها بر گیاه مادری، از نظر وزن خشک ساقه چه بیشترین میزان را رقم گوهران داشت (جدول ۲).

از نظر صفت شاخص وزنی بنیه گیاهچه، برهمکنش محلول پاشی و ارقام جو نشان داد که محلول پاشی آب، سولفات پتاسیم، سوپراکسیداز دیسموتاز و سولفات روی بیشترین تاثیر را بر گیاه مادری جو رقم گوهران در شرایط تنش خشکی آخر فصل داشته است (جدول ۲). به طور کلی، نتایج برهمکنش محلول پاشی و ارقام جو نشان داد در کلیه محلول پاشی ها رقم گوهران، از نظر وزن خشک ساقه چه، وزن خشک ریشه چه (بجز سالیسیلیک اسید) و شاخص وزنی بنیه گیاهچه (به جز اسید سالیسیلیک) در گروه آماری a قرار داشت.

ضریب آلومتری و یکنواختی جوانه زنی بذر

اثر محلول پاشی و رقم بر صفت ضریب آلومتری بذر در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین ضریب آلومتری بذر مربوط به تیمار محلول-پاشی سولفات پتاسیم به میزان ۱/۰۲۲ (شکل ۱-الف) و رقم ارمغان به میزان ۱/۰۸ بوده (شکل ۲-الف)، کمترین ضریب آلومتری بذر متعلق به محلول پاشی سوپراکسیداز دیسموتاز (۰/۸۳۲) و رقم مهر (۰/۸۶) که با رقم گوهران (۰/۸۹) در یک گروه آماری (b) بودند.

اثر محلول پاشی و رقم بر صفت یکنواختی جوانه زنی بذر در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین یکنواختی جوانه زنی بذر مربوط به تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک (۵۴/۵) و رقم گوهران (۵۴/۲) بوده (شکل ۱-ب)، کمترین یکنواختی جوانه زنی بذر متعلق به محلول پاشی سولفات روی (۴۶/۵) و رقم مهر (۴۶/۹) که با رقم ارمغان (۴۸/۱) در یک گروه آماری (b) بودند (شکل ۲-ب). نتایج مشابهی توسط سایر محققان گزارش شده است که نشان داده، بین ارقام جو (درخشان و قرینه^۱، ۲۰۱۵) و گندم (قلی نژاد^۲، ۲۰۱۵) نیز از نظر یکنواختی جوانه زنی تفاوت وجود دارد.

¹ Derakhshan and Garineh
² Gholinezhad

منابع

- Abdul-baki, A.A. and Anderson, J.D. 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barely. *Crop Science*, 10: 31-34. <https://doi.org/10.2135/cropsci1970.0011183X001000010012x>
- Alizadeh, M. and Vilizit, A. 2005. Comparison of germination percentage, germination rate and seed vigor index in three conditions, Environmental Germination Standard, Test Cold Test, Accelerated Aging Test. Summary of the 6th Iranian Congress of Agriculture and Plant Breeding, Babolsar, Mazandaran. p.12. [In Persian with English Summary].
- Alscher, R.G., Erturk, N. and Heath, L.S. 2002. Role of superoxide dismutases in controlling oxidative stress in plants. *Journal of Experimental Botany*, 53: 1331-1341. <https://doi.org/10.1093/jxb/53.372.1331>
- Alizade-Forotan, M., Pirdashti, H.A. and Yaghobiyan, Y. 2014. Effect of seed biological treatments on resistance of Fennel (*Foeniculum vulgare* L.) to heavy copper stress in germination and seedling stage. *Journal of Seed Research*, 4(11): 1-12. [In Persian].
- Annan, K. 2001. Water for sustainable agriculture in developing regions- more crop for every scarce drop, Proceeding of 8th JIRCAS International Symposium, Epochal Tsukuba, Tsukuba Science City, Japan, November 27-28, 132-133
- Asadi Aghbolaghi, M., Ansari O. and Sedghi, M. 2014. The effect of salicylic acid and gibberellic acid on germination characteristics and changes of antioxidant enzymes under accelerated aging in sunflower (*Helianthus annuus*). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 3(1): 31-40. [In Persian with English Summary].
- Azimi, M.S., Daneshian, J., Sayfzadeh, S. and Zare, S. 2013. Evaluation of amino acid and salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 5(8): 816-819.
- Bannayan, M., Sanjani, S., Alizadeh, A., Lotfabadi, S.S. and Mohamadian, A. 2010. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. *Field Crops Research*, 118: 105-114. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.04.011>
- Basra, S.M.A., Zia, M.N., Mahmood, T., Afzal, I. and Khaliq, A. 2002. Comparison of different invigoration techniques in wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. *Pakistan Journal of Arid Agriculture*, 5: 11-16.
- Ceccarelli, S. 2010. Drought and drought resistance. *Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food*, 1(1): 205-207. <https://doi.org/10.1081/E-EBAF-120042330>
- Daneshmand, F., Arvin, M.J., Keramat, B. and Momeni, N. 2014. Interactive effects of salt stress and salicylic acid on germination and plant growth parameters of maize (*Zea mays* L.) under field conditions. *Journal of Plant Process and Function*, 1(1): 56-70. [In Persian with English Summary].
- Derakhshan, A. and Gharineh, M.H. 2015. Application of hydrotime concept to predict seedling emergence of spring barley varieties in field. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 2(2): 1-14. [In Persian with English Summary].
- Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 377-409.
- Esfandiari, E., Shakiba, M.R., Mahboob, S.A., Alyari, H. and Shahabivand, S. 2008. The effect of water stress on the antioxidant content, protective enzyme activities, proline content and lipid peroxidation in wheat seedling. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11: 1916-1922. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2008.1916.1922>
- FAO. 2013. FAOSTAT.FAO .Rome. WWW.Faostat, fao.org.

- Francia, E., Tondelli, A., Rizza, F., Badeck, F.W., Thomas, W.T.B., Ecuwijk, F.V., Romagosa, I., Stanca, A.M. and Pecchioni, N. 2013. Determinants of barley grain yield in drought-prone Mediterranean environments. *Italian Journal of Agronomy*, 8(1): 1-8. <https://doi.org/10.4081/ija.2013.e1>
- Gholami-ganjeh, S., Salehi, A. and Moradi, A. 2014. Effect of mother plant nutrition on uptake of some nutrients and germination indices of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 4(1): 109-118. [In Persian with English Summary].
- Gholami, H., Parsa, M., Khajeh-Hosseini, M. and Khazaie, H.R. 2018. Effect of urea and micro elements foliar application on chickpea seed germination, seedling emergence, and seedling vigor of (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 6(2): 57-66. [In Persian with English Summary].
- Gholinezhad, E. 2015. The Effects of Salinity Stress on Related germination traits of wheat genotypes. *Iranian Journal of Biology*, 27(2): 276-287. [In Persian with English Summary].
- Guo, Z., Tan, H., Zhu, Z., Lu, S. and Zhou, B. 2005. Effect of intermediates on ascorbic acid and oxalate biosynthesis of rice and in relation to its stress resistance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 43(10): 955-962. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2005.08.007>
- Hosseini, H. and Rezvani Moghadam, P. 2006. Effect of water and salinity stress in seed germination on Isabgol (*Plantago ovata*). *Iranian Journal of Field Crop Research*, 4(1): 15-22. [In Persian with English Summary].
- International Seed Testing Association (ISTA). 2011. Handbook of vigor test methods. 2nd International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland
- Ji, X., shiran, B., wan, J., Lewis, D.C., Jenkins, C.L.D., Condon, A.G., Richards, R.A. and Dolferus, R. 2010. Importance of pre-anthesis anther sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. *Plant Cell and Environment*, 33: 926-942. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02130.x>
- Kabiri, R. and Naghizadeh, M. 2015. Exogenous acetyl salicylic acid stimulates physiological changes to improve growth, yield and yield components of barley under water stress condition. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 5(1): 35-45.
- Mahlooji, M., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Sabzalian, M.R. and Kamali, M.R. 2014. Effect of salinity of irrigation water and nano and chelated zinc foliar application on photosynthesis parameters of barley genotypes. *Journal of Crop Production*, 7(4): 41-60. [In Persian with English Summary].
- Mahlooji, M., Seyed sharifi, R., Razmjoo, J., Sabzalian, M.R. and Sedghi, M. 2018. Effect of salt stress on photosynthesis and physiological parameters of three contrasting barley genotypes. *Photosynthetica*, 56(2): 549-556. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0699-y>
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Academic Press. Ltd. London.
- Mohsen-Nasab, F., Sharafizadeh, M. and Siadat, A. 2010. Study the effect of aging acceleration test on germination and seedling growth of wheat cultivars in controlled conditions (in vitro). *Journal of Crop Physiology*, 2: 59-71. [In Persian with English Summary].
- Nayerin Jezi, A.H., Naderi, M.R., Rezae, M., Imami, B. and Esfandiari, M. 2011. Biological properties of cotton seed Influenced by irrigation and Photosynthesis consumption of micronutrient elements. 2nd national conference of seed science and technology. Mashhad, Iran.
- Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y. and Sepaskhah, A.R. 2015. Improving barley performance by proper foliar applied salicylic acid under saline conditions. *International Journal of Plant Production*, 9: 467-486. [In Persian with English Summary].
- Sarmadnia, Gh. 1996. Seed technology. 2nd Ed., Mashhad Jihad-e Daneshgahi Press, Mashhad, Iran. [In Persian].

-
- Seyed Sharif, R., Farzaneh, S. and Saed Nia, V. 2009. The effects of ZnSO₄ on growth analysis, yield and the amount of protein and zinc in different wheat cultivars. Iranian Journal of Biology, 21(3): 183-193. [In Persian with English Summary].
- Sharafizadeh, M. 2018. Effect of salicylic acid and drought stress on germination and activity of antioxidant enzymes of barely. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 6(2): 161-169. [In Persian with English Summary].
- Soltani, A. and Maddah, V. 2010. Simple applied programs for education and research in agronomy. ISSA Press, Iran, 80p. [In Persian].
- Teixeira, I., Borem, R., Andrade, A., Araujo, G.A., Ferreira, D. and Fontes, R.L. 2004. Manganese and zinc leaf application on common bean grown on a (Cerrado) soil. Scientia Agricola, 61(1): 77-81. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000100013>
- Yarnia, M., Savjabalaghchilar, Y. and Rahimzadeh Khoiee, F. 2011. Spraying of zinc and manganese in native plant growth during on germination of bean varieties produced in Khomeini. 2nd national conference of seed science and technology. Mashhad, Iran.

Research Article

Effect of Water Deficit Stress and Foliar Application of Maternal Plant on Germination Characteristics of Three Barley (*Hordeum vulgare*) Cultivars

Mehrdad Mahlooji^{1,*}, Mehrdad Jenab²

Extended abstract

Introduction: Barley is the fourth largest cereal crop in the world and the second cereal crop in Iran in supplying food needs. Considering population growth and food shortages, it is important to look at ways to increase production. Seeds of higher quality and vigor emerge better when exposed to biotic and abiotic stresses and have stronger seedlings with higher vigor. It seems that one of the appropriate strategies for reducing or moderating the effect of stress on yield is foliar application with micronutrients which can also affect germination and vigor of the produced seeds. For this purpose, the effect of water stress and foliar application on germination characteristics and vigor of barley seeds was investigated.

Materials and Methods: A factorial experiment was carried out based on CRD with four replications on the seeds resulted from a field experiment at Isfahan Kaboutarabad Agricultural Research Station, during the cropping year of 2018-19. The main factors was foliar application at five levels: no foliar application (water use), zinc sulfate (0.5%), potassium sulfate (0.5%) and salicylic acid (1.5 mM), and superoxide dismutase (3 mg/liter) at the start of tillering for three times at seven day intervals and the sub-factor was genotypes was Goharan (drought tolerant), Mehr (salt-tolerant) and Armaghan (stress-sensitive). After harvesting, germination traits were evaluated.

Results: Foliar application of maternal barley plant at the late season drought stress had a significant effect on root and shoots length, root and shoot dry weight, length and weight vigor indices, allometric coefficient and germination uniformity of seed. Also among the studied cultivars in late season irrigation cut off conditions, Goharan cultivar had a better shoot and root development (seedling vigor weight index) and higher seed germination uniformity.

Conclusion: Foliar application of potassium sulfate and zinc sulfate on different barley cultivars resulted in favorable metabolic conditions in seed and due to better root development and higher dry weight than stem development and as a result, higher allometric coefficient and better establishment under late season drought stress, may provide better growth conditions under drought stress conditions.

Keywords: *Potassium, Zinc, Salicylic acid, Superoxide dismutase, Seedling vigor index, Allometric coefficient*

Highlights:

- 1- Goharan barley cultivar responds more positively to foliar application under late season drought stress conditions.
- 2- Foliar application of potassium sulfate, zinc sulfate and super oxidase superoxide on Goharan cultivar maternal plant under late season drought stress condition led to the highest \ seedling root length, root dry weight and shoot dry weight.

¹ Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran <http://dorl.net/dor/20.1001.1.23831251.1400.8.1.8.2>

² Department of Seed Registration and Certification Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran

* Corresponding author, E-mail: mmahlooji@areeo.ac.ir

