دوفصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره سیزدهم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۲

بررسی بهبود جوانه زنی بذر دو رقم گندم نان و دوروم (*Triticum aestivum* L.) بوسیله کاربرد سالیسیلیک اسید و جاسمونیک اسید در شرایط تنش خشکی

نیلوفر ماهری[۱]، طیب ساکی‌نژاد[۲]، عادل مدحج[۳*]، محمدرضا دادنیا[۲] و سید کیوان مرعشی[۲]

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، ایران
۲- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ایران
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات : پست الکترونیکی:Adel.modhej@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۲۷ مهرماه ۱۴۰۲; تاریخ پذیرش ۲۷ آبان ماه ۱۴۰۲)

چکیده

با کاهش منابع آبی، تولید اقتصادی گندم زارهای وسیع مناطق گرمسیر با مشکل مواجه می باشد. آزمایشی جهت بررسی اثر پیش تیمار هورمون‌های سالیسیلیک اسید (Sa) و جاسمونیک اسید (Ja) بر جوانه زنی و رشد گیاهچه ارقام گندم نان چمران و دوروم کرخه در شرایط تنش خشکی (St) اجرا شد. بذور گندم با Ja (۱۰۰ میکرو مولار) و Sa (۱۰ میلی مولار) پرایم شدند. St با کاربرد پلی اتیلن گلیکول 6000 اعمال شد. داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل با سه تکرار در قالب بلوک کامل تصادفی آنالیز شدند. استفاده از Ja و Sa اثرات St را بر شاخص‌های جوانه زنی کاهش داد و کاربرد Ja موثرتر بود. St جوانه زنی را ۴۵٪ کاهش داد ولی کاربرد Ja و Sa آن را تا ۲۲٫۵٪ بهبود بخشید. شاخص تنش خشکی و شاخص بنیه بذر نیز در شرایط St به ترتیب ۲۳٫۷ و ۵۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت ولی با کاربرد Ja و Sa این شاخص‌ها به ترتیب به ۲۰ و ۱۶ درصد بهبود یافت. میزان حساسیت رقم کرخه با تجمع کمتر پرولین در شرایط St بیشتر بود و با کاربرد Ja و Sa تا حدود زیادی بهبود یافت. توصیه می‌شود از رقم کرخه برای نقاط جنوبی و غربی استان گرمسیر خوزستان که احتمال وقوع St بالایی دارند استفاده نگردد. با عنایت به اثر بهبود دهندگی Ja و Sa در این مطالعه بر روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذور گندم آزمایش شده، پیشنهاد می‌شود که طی مطالعات تکمیلی سایر بذور ارقام گندم نیز برای استفاده در نقاط گرمسیر با این هورمون‌ها آزمون گردد.

واژه‌های کلیدی:**گندم، اسید سالیسیلیک، اسید جاسمونیک، جوانه زنی، پرولین**

مقدمه

غلات از مهمترین گیاهان غذایی کره زمین و تأمین‌کننده هفتاد درصد غذای مردم می‌باشد و به طور کلی هفتاد و پنج درصد کل انرژی و نیمی از پروتئین مورد نیاز بشر از غلات تأمین می‌شود. تخمین زده شده است که جمعیت دنیا در سال ۲۰۵۰ میلادی به حدود ۱۰ میلیارد نفر خواهد رسید. آنچه که علم کشاورزی به ویژه زراعت عهده‌دار آن است عبارت از تولید محصولات بیشتر و با کیفیت بهتر است که بتواند جواب‌گوی این ازدیاد جمعیت روزافزون باشد (۷). گندم (*Triticum aestivum* L.) به عنوان مهمترین غله در بسیاری از مناطق جهان است و غذای اصلی اکثر مردم را تشکیل می‌دهد (۲۹). با این وجود، اغلب مناطق تولید گندم در جهان در بخشی از فصل رشد با کمبود آب مواجه هستند. خشکی از مهمترین عوامل تنش‌زای محیطی است که تولید محصولات کشاورزی را در مناطق خشک و نیمه خشک تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد می‌شود (۸ و ۹). گیاهان بر اساس این که در چه مرحله ای از نمو خود در معرض خشکی و کم آبی قرار گرفته باشند به طور کاملاً متفاوتی به کمبود رطوبت واکنش نشان می دهند. جوانه زنی زود، سریع، یکنواخت و کامل بذرها، باعث سطح سبز مطلوب و رشد اولیه و سریع گیاهان زراعی می شود و رشد اولیه مطلوب، باعث دریافت بهتر تشعشع خورشید و افزایش عملکرد می گردد (۱۰). تنش خشکی می تواند در کاهش سرعت جوانه زنی و درصد جوانه زنی تأثیر گذار باشد و ناکافی بودن رطوبت لازم جهت جوانه زنی در لایه های سطحی خاک و به دنبال آن تنش خشکی در مرحله گیاهچه یکی از عوامل مهم در عدم استقرار مطلوب گیاهچه در مناطق خشک می باشد (۲۷). سعیدی (۶) گزارش می کند که با کاهش پتانسیل اسمزی برخلاف درصد و سرعت جوانه زنی، بنیه جوانی زنی با سرعت و شیب زیاد در ژنوتیپ های مختلف شروع به کاهش می کند. عکس العمل بذرهای گیاهان و حتی گونه های مربوط به یک گیاه به این گونه تنش ها می تواند دامنه وسیعی داشته باشد (۱۹). نتایج بدست آمده از تحقیقات مویدیان و همکاران (۱۲) و رحیمیان مشهدی و همکاران (۵) بیانگر این است که با افزایش پتانسیل اسمزی مؤلفه های جوانه زنی در گندم کاهش داشته اند. مکسال رید (۲۵) علت این امر را کاهش جذب اکسیژن به وسیله محدود شدن مقدار اکسیژن محلول در محیط کشت می داند و اعتقاد دارد که در مورد گیاهان زراعی افزایش حتی چند درصد از میزان جوانه زنی در محیط هایی که از لحاظ آب محدودیت وجود دارد بسیار مهم است.

استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاهی در پاسخ گیاهان به تنش محیطی می تواند بسیار تاثیر گذار باشد. اسید سالسیلیک و اسید جاسامونیک ترکیباتی بسیار مهمی محسوب می شوند که به عنوان پیامرسان در پدیده های گوناگون نموی یا پاسخ گیاه به تنش های محیطی زیستی و غیر زیستی شرکت می کنند (۱۴ و ۲۲). نقش این ترکیبات در کاهش اثرات تنش خشکی معلوم شده است (۲۱).

با توجه به اینکه هرساله سطح وسیعی از زمین های کشاورزی مناطق خشک ایران به کشت گندم آبی و دیم اختصاص می یابد و به دلیل محدودیت های تأمین آب مورد نیاز در بسیاری از مزارع کشاورزی، جوانه زنی بذرهای کاشته شده گندم با محدودیت مواجه می گردد که می تواند منجر به کاهش تراکم بوته در مزرعه شده و در نهایت به تولید و درآمد کشاورز آسیب وارد کند. هدف از این مطالعه بررسی اثر پیش تیمار بذر گندم مناطق گرمسیری و کم بارش بنام های چمران و کرخه با اسید سالسیلیک و اسید جاسمونیک تحت تنش خشکی به منظور بهبود صفات مرتبط با جوانه زنی بذور و رشد گیاهچه ای بوده است.

مواد و روش ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۹ به منظور بررسی اثر پیش تیمار سالسیلیک اسید و جاسمونیک اسید بر جوانه زنی و رشد اولیه گیاهچه‌های گندم نان رقم چمران (عمومی ترین گندم رایج در مناطق گرمسیر و کم بارش استان خوزستان) و گندم دوروم رقم کرخه (مناسب کشت در مناطق گرمسیر بویژه استان خوزستان) در شرایط تنش خشکی در شرایط آزمایشگاه و گلدان انجام گردید. آزمایش در شرایط آزمایشگاهی بصورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز اجرا گردید. در این آزمایش ۲ فاکتور مورد بررسی عبارت بودند از کاربرد سالسیلیک اسید (۱۰ میلی مولار)، جاسمونیک اسید (۱۰۰ میکرومولار)، ترکیب هر دوی آنها و بدون کاربرد هورمون بعنوان فاکتور اول و آبیاری در حد مطلوب و تنش خشکی با استفاده از غلظت های مختلف پلی اتیلن گلیکول بعنوان فاکتور دوم بودند. تمامی این هشت ترکیب تیماری بطور مجزا بر روی دو رقم گندم اعمال گردید. نحوه اجرای آزمایش بدین صورت بود که تعداد ۲۴۰ بذر از هر رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) چمران و کرخه از مرکز تحقیقات کشاورزی استان خوزستان تهیه شده بود پس از ضدعفونی با قارچکش بنومیل به مدت دو دقیقه و خشک کردن آنها در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی گراد)، به مدت ۲۴ ساعت در محلولهای آماده شده به طور جداگانه خیسانده و پس از آن بذرهای خیس خورده به پتری دیش‌های حاوی دو لایه کاغذ واتمن شماره یک انتقال داده شدند. برای اعمال تنش خشکی از محلول پلی اتیلن گلیکول (۶۰۰۰) به میزان ۲۰ میلی لیتر در هر پتری دیش استفاده شد (۲۶) و برای جوانه زنی به مدت ۱۲ ساعت در شرایط نور (روشنایی) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و هشت ساعت در شرایط تاریکی (شب) در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد با رطوبت نسبی حدود۶۰٪ در ژرمیناتور قرار داده شدند (۳). در داخل هر تشتک پتری ۱۰ بذر قرار گرفت و به مدت ده روز نگهداری شدند. روزانه تعداد بذر جوانه زده شمارش و در روز آخر نیز صفات مورد مطالعه اندازه گیری و درصد جوانه زنی محاسبه شد. در این آزمایش معیار جوانه‌زنی بذر آن است که طول ریشه چه آن به حدود دو الی سه میلی متر برسد. طول ریشه چه و ساقه چه به کمک خط‌کش و بر اساس واحد میلی‌متر اندازه‌گیری شد. وزن تر گیاهچه به کمک ترازوی حساس و بر اساس واحد گرم بدست آمد. وزن تر گیاهچه، طول ریشه چه و طول ساقه چه نیز بر اساس میانگین گیاهچه ها اندازه گیری شد.

در آزمایش گلدانی اثر هورمون‌های سالسیلیک اسید (۱۰ میلی مولار) و جاسمونیک اسید (۱۰۰ میکرومولار) بر روی دو رقم گندم چمران و کرخه تحت شرایط تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفت. لذا آزمایش در شرایط کنترل شده در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، انجام شد. بذر گندم پس از سترون سازی به شیوه قبل در گلدان‌های حاوی ترکیب مساوی خاک مزرعه و ماسه کاشته شد. مقدار و نوع کودهای شیمیایی مورد استفاده براساس روش مرسوم استان خوزستان تعیین و مصرف گردید (به ترتیب۷۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار ازت و فسفات). قبل از کاشت، بذرهای هر رقم به چهار دسته تقسیم شدند و هر دسته به ترتیب به مدت ۸ ساعت در آب مقطر (برای کنترل)، اسید سالیسیلیک، اسید جاسمونیک و ترکیب اسیدهای سالیسیلیک و جاسمونیک خیسانده شدند. یک هفته پس از جوانه زنی، بوته ها به ۵ عدد در هر گلدان تنک شدند. دو ماه پس از رویش کامل، نیمی از گلدان‌ها بصورت عادی تحت آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و نیمی دیگر تحت تنش آبی (۳۵ درصد ظرفیت زراعی) قرار گرفتند. انتخاب تیمارها براساس روش‌ها و توصیه‌های مطالعات ملکی و

همکاران (۱۱) انتخاب شدند. هشت ترکیب تیماری سه بار تکرار گردید و مجموعاً ۲۴ گلدان پلاستیکی ۵ لیتری در یک طرح فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی مورد استفاده قرار گرفت.

اندازه گیری شاخص ها

برای محاسبه درصد جوانه زنی از فرمول اسکات و همکاران (۲۸) استفاده گردید:

درصد جوانه زنی =۱۰۰ × S/T

که در آن S تعداد بذور جوانه زده و T تعداد کل بذور می باشد. ضریب سرعت جوانه زنی که این شاخص، مشخصه سرعت و شتاب جوانه زنی بذرها می باشد که از رابطه زیر محاسبه شد (۲۴) :

$$\text{ضریب سرعت جوانه زنی} = \frac{G_1+G_2+G_3+\cdots+G_n}{(1*G_1)+(2*G_2)+(3*G_3)+\cdots+(1*G_n)}$$

در رابطه فوق G1-Gn تعداد بذرهای جوانه زده از روز اول تا روز آخر می باشد. تعداد روز از شروع آزمایش می باشد. شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) بعنوان معیار ارزیابی مقاومت به تنش در مراحل اولیه رشد گیاهچه مورد استفاده قرار می‌گیرد و از طریق محاسبه شاخص سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش (PIS) و نیز شرایط شاهد (PIC) محاسبه می‌شود (۴) :

$$\text{شاخص تنش جوانه‌زنی} = \frac{PIS}{PIC} \times 100$$

برای محاسبه شاخص بنیه بذر از رابطه زیر استفاده شد (۱۳):

شاخص بنیه بذر = تعداد بذرهای جوانه زده در روز آخر شمارش×طول گیاهچه

اندازه گیری وزن تر شاخساره با کمک ترازوی دیجیتال انجام شد و برای اندازه گیری وزن خشک در آون دمای۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و مجدداً با کمک ترازو توزین گردید. میزان پرولین گیاهچه‌ها با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر، برحسب میلی گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد (۱۸).

تجزیه‌های آماری

پس از اتمام مطالعه، داده‌های آزمایش گلخانه‌ای مورد بررسی و تحلیل آماری قرار گرفت و از داده‌های آزمایش آزمایشگاهی صرفاً بعنوان اطلاعات کمکی استفاده گردید. پس از تجزیه واریانس داده‌ها، مقایسه میانگین صفات با تکنیک LSD مورد بررسی قرار گرفت. نرم افزار آماری مورد استفاده در این طرح MSTAT-C بوده و نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم و در برنامه Paint به عکس تبدیل شدند.

نتایج و بحث

۱-تجزیه واریانس

دراین مطالعه عوامل هورمون‌های استفاده شده، ارقام گندم، تنش خشکی و همچنین اثرات متقابل عوامل رقم با تنش خشکی و رقم با هورمون در همه صفات مورد بررسی اختلاف معنی داری را در سطح یک و پنج درصد نشان دادند (جدول ۱). بزرگترین اختلافات معنی دار عوامل بکار رفته در این مطالعه به ترتیب مربوط به اثرات تکی هورمون‌های مورد استفاده، تنش خشکی و رقم بوده است و کمترین اثرگذاری معنی دار مربوط به عامل سه جانبه رقم در هورمون در تنش بوده است و نشان می‌دهد که این پایین بودن اثرگذاری ناشی از تلفیق نامتجانس عوامل

این آزمایش بوده و یا اینکه واکنش ارقام گندم در این آزمایش نسبت به حضور توآم دو عامل دیگر یکسان بوده است.

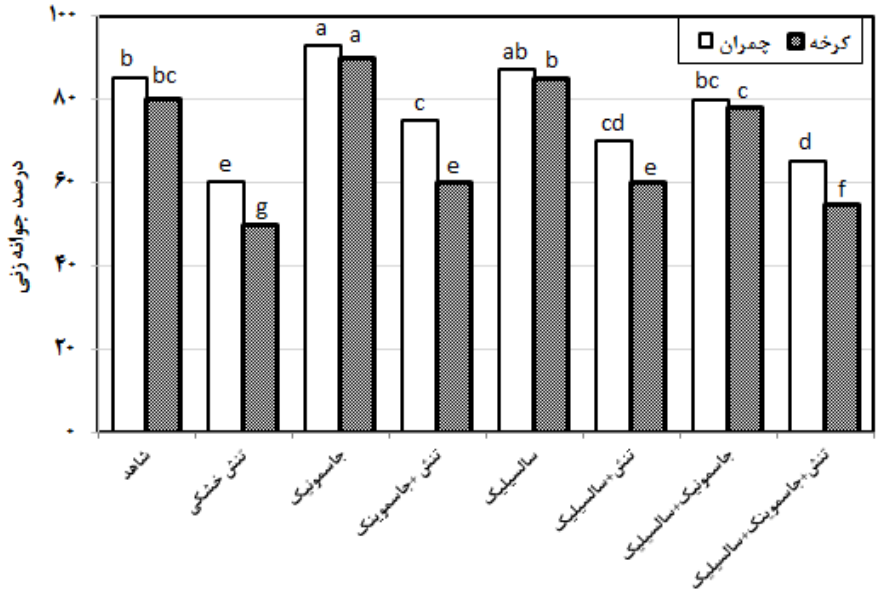
جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد جوانه زنی	شاخص سرعت رشد	بنیه بذر	شاخص تحمل به تنش	نسبت ساقه چه به ریشه چه	پرولین
هورمون	۳	۰/۲۵**	۰/۲۵**	۰/۰۹**	۰/۰۹*	۲/۰۴*	۲۶۷/۰۱**
رقم	۱	۳/۱۴*	۰/۸۴*	۱/۲۲**	۲/۲۳*	۷/۱۴*	۴۲۵/۲**
هورمون*رقم	۳	۲/۱۱**	۱/۰۱*	۰/۹۱*	۲/۰۴*	۰/۹۹*	۰/۰۲n.s
تنش خشکی	۱	۰/۵۴**	۴/۰۵*	۲/۰۳**	۸/۰۶*	۶/۰۵*	۶۰۳*
تنش*هورمون	۳	۰/۰۸n.s	۰/۹۱*	۰/۰۷ n.s	۰/۰۸*	۱/۱۱ n.s	۰/۰۳۱n.s
رقم*تنش	۱	۰/۱۸*	۱/۰۲*	۰/۰۹*	۰/۱۲*	۳/۵۸*	۱۹۸/۲*
رقم*تنش*هورمون	۳	۰/۰۷ n.s	۰/۱*	۰/۱*	۰/۰۱n.s	۱*	۰/۰۰۳n.s
خطا	۳۲	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۰۶	۰/۵۸	۰/۱۲
ضریب تغییرات(٪)		۱۴/۲۰	۱۲/۳۰	۱۶/۵۰	۱۵/۸۰	۱۸/۷۰	۱۴/۳۲

ns، *و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال خطای آماری پنج و یک درصد

۲-درصد جوانه‌زنی

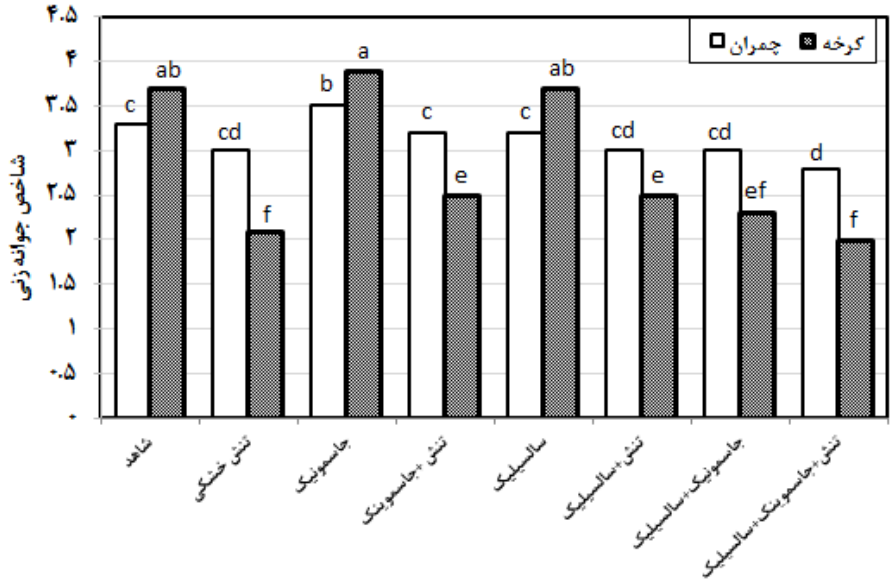
نتایج معنی دار شده در سطح ۵ درصد این مطالعه نشان داد که جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی نسبت به شاهد کاهش داشت (۵۵٪ به ۸۳٪) و این کاهش در رقم کرخه حدوداً ۸٪ افت بیشتری را نسبت به رقم چمران نشان داد (شکل ۱). با کاربرد هورمون در شرایط تنش خشکی حدود ۲۲/۵٪ از سطح اثر تنش خشکی بهبود یافت ولی این بهبودی به اندازه شاهد نرسید. در بین دو هورمون مورد استفاده اثر بهبود دهنده جاسمونیک اسید در شرایط با و بدون تنش خشکی بهتر از سالسیلیک اسید بود ولی مصرف همزمان این دو بایکدیگر در شرایط با و بدون تنش خشکی باعث افت جوانه‌زنی به ترتیب به میزان ۲۷/۴٪ و ۴/۲٪ گردید. همچنانکه اولاه و همکاران (۳۰) اشاره کرده‌اند ضمن آنکه هورمون ها می‌توانند اثرات تنش خشکی را بدلیل کاهش آسیب اکسیداتیو کم کنند، استفاده همزمان آنها بدلیل اثرات متقابل ناخوشایند ممکن است اثرات بلعکسی را باعث گردد.



شکل ۱- مقایسه درصد جوانه‌زنی دو رقم گندم در شرایط پیش تیمار نمودن با اسیدهای جاسمونیک و سالسیلیک و تنش خشکی

۳-ضریب سرعت جوانه زنی

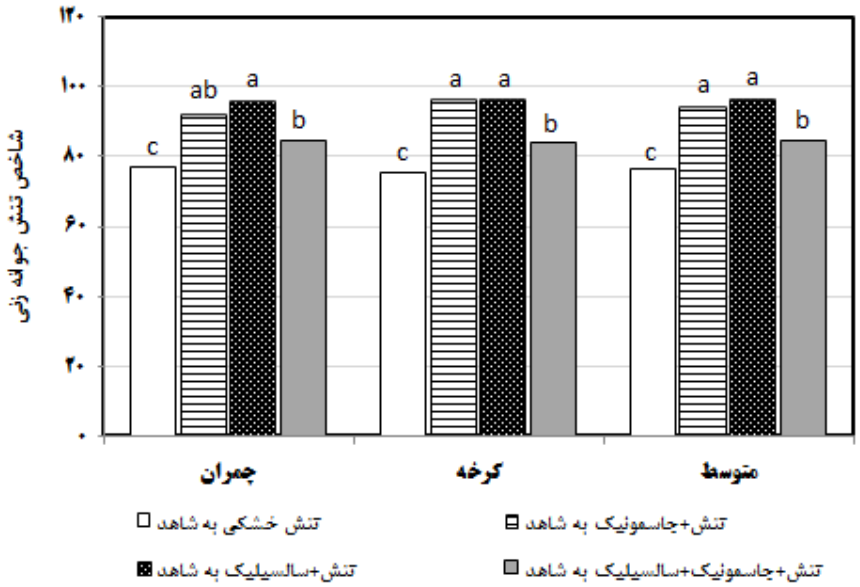
یکی از شاخص‌های اندازه گیری کیفیت بذور ارقام، سرعت جوانه‌زنی است. هرچه ارقام بتوانند در مدت زمان کمتری، درصد جوانه‌زنی بیشتری داشته باشند یا به عبارتی از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار باشند، دارای قدرت بذر بالاتری برای جوانه‌زنی هستند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کاربرد هورمون‌ها بصورت انفرادی گرچه باعث بهبود اثر تنش خشکی بر روی شاخص جوانه‌زنی در سطح پنج درصد معتی داری گردید ولی مقدار بهبود یافته در حد شرایط بدون تنش نبود. در شرایط بدون تنش خشکی میزان سرعت جوانه زنی رقم کرخه به میزان ۰/۴ واحد نسبت به رقم چمران بیشتر بود ولی در شرایط تنش خشکی و حتی با کاربرد هورمون کاهش معنی‌داری نسبت به رقم چمران نشان داد. اثر بهبود دهنده اسید جاسمونیک و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش خشکی بر سرعت جوانه زنی ارقام گندم مورد بررسی محرز بود (شکل ۲). المغاربی (۱۵) نشان داد که تنش آبی در مرحله جوانه زنی می تواند منجر به تاخیر و کاهش جوانه زنی شود یا ممکن است به طور کامل از جوانه زنی جلوگیری کند. همچنین، هنگامی که یک دانه به سطح بحرانی هیدراتاسیون رسید، بدون توقف به سوی جوانه زنی کامل پیش می رود. با این حال، تغییرات فیزیولوژیکی در سطوح هیدراتاسیون زیر این سطح بحرانی رخ می دهد که می تواند باعث مهار جوانه زنی شود.



شکل ۲- مقایسه شاخص جوانه‌زنی دو رقم گندم در شرایط پیش تیمار نمودن با اسیدهای جاسمونیک و سالسیلیک و تنش خشکی

۴-شاخص تنش جوانه‌زنی

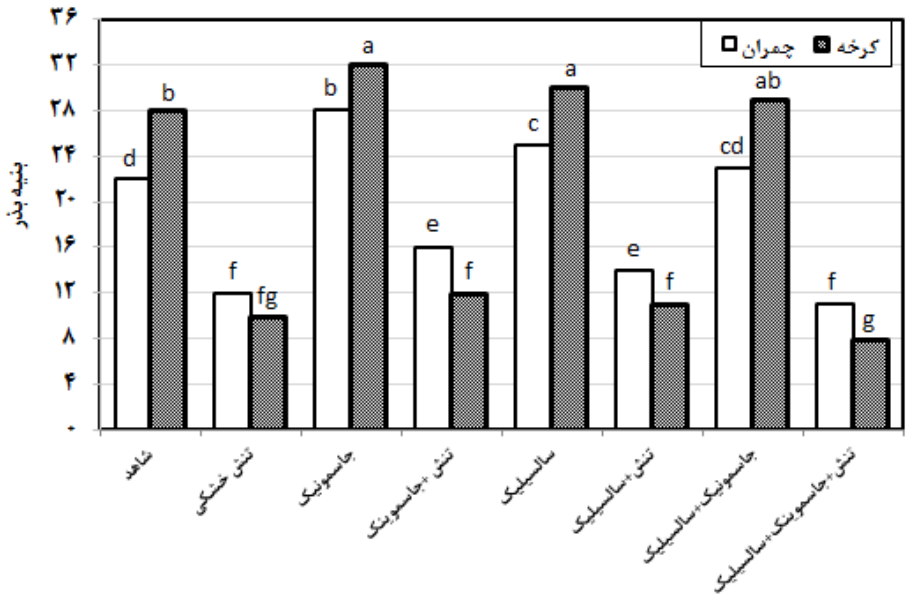
بررسی‌ها نشان می‌دهد که درصد جوانه‌زنی به تنهایی نمی‌تواند تمامی جنبه‌های جوانه‌زنی در شرایط مختلف را مشخص کند فلذا بررسی صفاتی همچون شاخص تنش جوانه‌زنی در شرایط خاص ضروری به نظر می‌رسد (۱). نتایج این مطالعه نشان داد که بین تیمارها از نظر شاخص تنش جوانه‌زنی تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد وجود داشت. نتایج بررسی شاخص تنش جوانه زنی (شکل ۳) نشان می‌دهد که در شرایط تنش خشکی در هر دو رقم مورد آزمایش این شاخص به میزان ۲۳/۷ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش پیدا کرد ولی با کاربرد هورمون های جاسمونیک و سالسیلیک اسید این شاخص به مقدار ۲۰ درصد بهبود یافت و به ۳/۷ درصد تقلیل یافت. این تغییر در بهبود تحمل خشکی ناشی از این است که اسید جاسمونیک و اسید سالسیلیک، مشابه ABA، به عنوان یک هاب عمل می‌کنند که در آن فرآیندهای مختلف برای پاسخ مناسب به تنش خشکی آغاز می شود. این فرآیندها نه تنها باعث افزایش بردباری ارقام مورد استفاده در این آزمایش در برابر تنش خشکی گردیده بلکه باعث بهبود روند عادی جوانه زنی نیز گشته است که با یافته های پیشین انطباق دارد (۳۰).



شکل ۳- مقایسه شاخص تنش جوانه‌زنی دو رقم گندم در شرایط پیش تیمار نمودن با اسیدهای جاسمونیک و سالسیلیک و تنش خشکی

۵-شاخص بنیه بذر

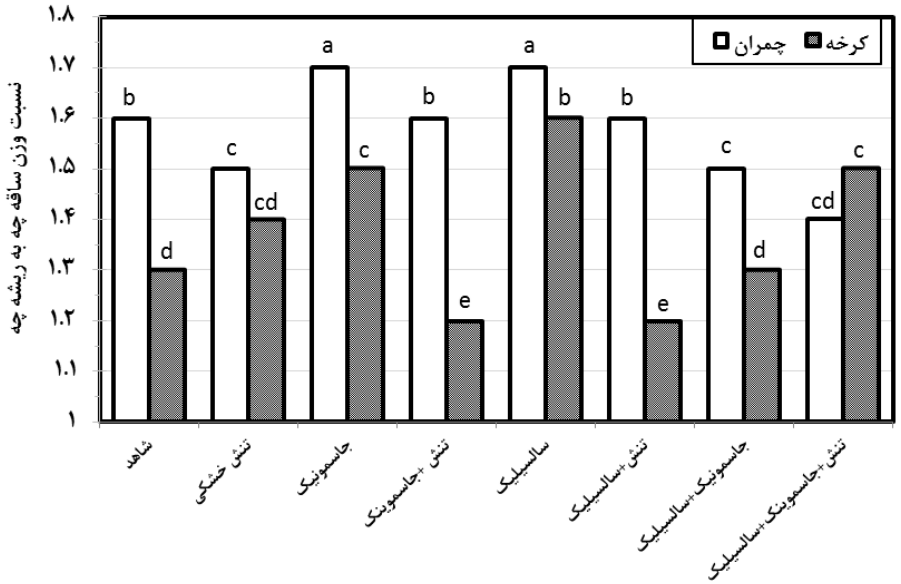
پاسخ ارقام مختلف به تنش خشکی می‌تواند به دلیل عوامل مختلفی از جمله جذب کم‌تر آب در ارقام حساس، اندازه بذور و احتمالاً ویژگی‌های پوشش سطحی بذر باشد (۲۰). عوامل مذکور نهایتاً در بنیه یا قدرت بذر در گذر از شرایط تنش نشان داده می‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد که در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار بین تیمارها وجود داشت و شرایط تنش خشکی شاخص بنیه بذر را به طور متوسط ۵۵ درصد نسبت به شرایط بدون تنش کاهش داد و کاهش در رقم کرخه حدود ۲۰ درصد بیشتر از رقم چمران بود. کاربرد هورمون‌های جاسمونیک اسید و سالسیلیک اسید به ترتیب ۲۱ و ۱۰/۳ درصد باعث بهبود بنیه بذر در حالت بدون تنش گردید که این اثر در رقم کرخه مشهودتر از رقم چمران بود. در شرایط تنش خشکی نتایج بلعکس بود و رقم چمران با کاربرد هومورن حدود ۱۳/۳ درصد بهبودی بیشتری را نسبت به رقم کرخه نشان داد. برخی محققین مانند لارسن و آندرسن (۲۳) گزارش کردند که بذور ریزتر گندم بخصوص در شرایط کمبود رطوبت محیط، سریعتر از بذور درشت جوانه می‌زنند که دلیل آن جذب سریعتر آب توسط بذور ریزتر و جوانه‌زنی زودتراست. با این توصیف و آنچنانکه نتایج این مطالعه نیز نشان داد بذور رقم کرخه با داشتن اندازه بزرگتر جوانه‌زنی را آهسته تر نسبت به رقم چمران شروع کردند (وزن هزار دانه ۴۶ نسبت به ۴۰) و بخاطر همین مزیت پس از جوانه‌زنی از شاخص سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بودند که این ویژه‌گی همانگونه که بررسی‌های ویلنبورگ و همکاران (۳۱) تأیید می‌کند به بنیه و قدرت بالاتر بذور درشت نسبت داده می‌شود. با اعمال تنش خشکی مزیت داشتن بذر بزرگتر رقم کرخه محدودیت بیشتر در تأمین آب کافی برای جوانه‌زنی آن ایجاد نمود و افت جوانه‌زنی بیشتری نسبت به رقم چمران اتفاق افتاد (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه بنیه بذر دو رقم گندم در شرایط پیش تیمار نمودن با اسیدهای جاسمونیک و سالسیلیک و تنش خشکی

۶-نسبت ساقه‌چه به ریشه چه

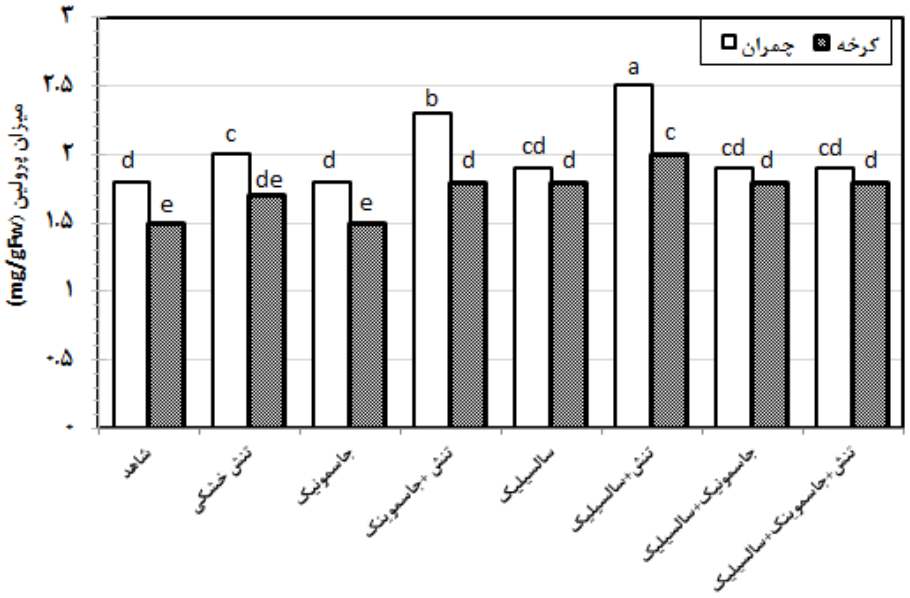
نتایج این مطالعه حاکی از یکنواختی بهتر صفت جوانه زنی (خروج ریشه چه و ساقه چه) در شرایط تنش خشکی نسبت به عدم آن بود که منطبق با نتایج جعفرنژاد و همکاران (۲) بود. ایشان بهتر بودن بنیه بذور قابل جوانه زنی در شرایط تنش را دلیل این امر می‌دانند. جوانه‌زنی صفتی است که با ظهور ریشه چه مرتبط می‌باشد و قبل از سایر اندام‌ها در معرض تنش محیطی قرار می‌گیرد (۱۰) و بنا به اظهارات رجبی و پوستینی (۴) طویل شدن ریشه چه نسبت به طویل شدن ساقه چه به تنش محیطی حساس‌تر و در ارقام مختلف نیز شدت و ضعف دارد. در این مطالعه نیز کاهش ضریب سرعت جوانه‌زنی رقم کرخه در شرایط تنش خشکی منجر به اثرگذاری کاهشی آن بر روی ریشه چه بیش از ساقه چه گردید و برخلاف رقم چمران، کرخه افزایش نسبت ساقه چه به ریشه چه را نشان داد که این تغییرات در سطح پنج درصد معنی دار بود. به نظر می‌رسد الگوی تسهیم مجدد مواد ذخیره‌ای بذر در دانه رقم چمران توانسته در راستای تولید ریشه طویل‌تر و کاراتر بهتر عمل نماید فلذا همانگونه که در این آزمایش نیز مشخص گردید جوانه‌زنی بهتری را نیز در شرایط تنش خشکی داشته است. شکل ۴ نشان می‌دهد که با کاربرد هورمون اثر گذاری منفی تنش خشکی بر روی کاهش طویل شدن ریشه چه تعدیل می‌یابد و این اثر در رقم کرخه حدود ۲۰ درصد بیشتر از رقم چمران بود. لذا در شرایط وجود تنش خشکی احتمالی برای بهبود روند توسعه ریشه چه بویژه در رقم کرخه کاربرد هورمون قابل توصیه است.



شکل ۵- مقایسه نسبت وزن ساقه چه به ریشه چه دو رقم گندم در شرایط پیش تیمار نمودن با اسیدهای جاسمونیک و سالسیلیک و تنش خشکی

۷- پرولین

تجزیه واریانس نشان داد که پرولین تحت تأثیر رژیم آبیاری، ارقام و تنظیم‌کننده‌های رشد و برهمکنش تأثیر رژیم آبیاری در ارقام معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین میزان اسید آمینه پرولین از تیمار اسیدسالیسیلیک حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد حدود ۳۷/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). اثر برهمکنش رژیم آبیاری بر ارقام نشان داد که تنش خشکی به طور معنی‌داری باعث افزایش میزان پرولین در هر دو رقم مورد مطالعه گردید. طوری که رقم چمران در شرایط تنش آبی بیشترین و رقم کرخه در شرایط بدون تنش کمترین مقدار پرولین را به خود اختصاص دادند (شکل ۶). این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش درجه تحمل به خشکی در ارقام توانایی تجمع اسید آمینه در آن‌ها نیز افزایش می‌یابد (۱۶). در این رابطه اشرف و فولاد (۱۷) در شرایط کمبود آب مشاهده نمودند میزان تجمع پرولین در ناحیه رشد ریشه در مقایسه با سایر اسیدهای آمینه به خصوص در مقایسه با گلایسین به سرعت افزایش می‌یابد. این نشان می‌دهد پرولین احتمالاً در شرایط تنش خشکی نقش تحریک کننده رشد ریشه را بازی می‌کند. که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.



شکل ۶- میزان پرولین دو رقم گندم در شرایط پیش تیمار نمودن با اسیدهای جاسمونیک و سالسیلیک و تنش خشکی

نتیجه‌گیری و بحث

همانگونه که از نتایج این بررسی مشخص گردید چنانچه جذب آب توسط بذر گندم دچار اختلال گردد و یا به کندی صورت گیرد، فعالیت های داخل بذر به آرامی صورت گرفته و مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد و به عبارتی سرعت جوانه‌زنی بذر کاهش پیدا می‌کند. بنابراین می‌توان بیان نمود ارقامی که با سرعت بیشتری جوانه می‌زنند، فرصت بیشتری برای تکمیل رشد رویشی دارند. شاخص سرعت جوانه زنی که نقش زیادی در استقرار گیاهچه‌ها و استفاده از تشعشع بیشتر در ابتدای فصل رشد دارد در این آزمایش نسبت به درصد جوانه‌زنی از حساسیت کمتری برخوردار بود. لذا در شرایط گرمسیر و تنش‌زای استان خوزستان ارقام دارای شاخص سرعت رشد بیشتر عملکرد بهتری را خواهند داشت همانگونه که رقم کرخه نسبت به چمران چنین وضعیتی را نشان می‌دهد و کاربرد هورمون‌های جاسمونیک اسید و سالسیلیک اسید می‌تواند رشد و استقرار آن را بهبود دهد. داشتن بنیه بذر قوی‌تر در رقم کرخه در شرایط وقوع تنش خشکی به یک نقطه منفی تبدیل می‌شود که کاربرد هورمون نیز نمی‌تواند آن را بطور کامل بهبود بخشد. با عنایت به نتایج حاصل از این مطالعه و نیز تشابه مکانیزم فیزیولوژیکی اثر تنش‌های محیطی شوری و خشکی بر روی بذور (۴) پیشنهاد می‌گردد برای نقاط جنوبی و غربی استان خوزستان که احتمال وقوع تنش خشکی و شوری وجود دارد ترجیحاً از رقم کرخه استفاده نگردد و در صورت استفاده بهتر است با یکی از دو هورمون مورد استفاده در این تحقیق پیش تیمار گردد. گرچه بدلیل خصوصیات بذری این رقم احتمال بهبود جوانه زنی آن در شرایط تنش به نظر نمی‌رسد با کاربرد هورمون نیز بطور کامل بوقوع بپیوندد. انتخاب ارقام گندمی با داشتن بنیه بذری خوب در هر شرایط محیطی برای کلیه مناطق گرمسیر استان خوزستان قابل توصیه است. داشتن قابلیت تجمع اسید آمینه پرولین بیشتر در رقم چمران با داشتن نقش تحریک کنندگی در رشد و توسعه ریشه انتخاب این رقم را برای نقاط خشک تر ارجح‌تر نموده و با تشدید تجمع پرولین بواسطه کاربرد هورمون سالسیلیک اسید، انتظار می‌رود تولید اقتصادی آن در شرایط خشکسالی را بهبود بخشید.

سپاسگزاری

این تحقیق مستخرج از پایان نامه دکتری با عنوان " اثر بیوشیمیایی تنظیم کننده‌های رشد بر دو رقم گندم نان در شرایط تنش خشکی پایان فصل " بوده است که با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، دانشکده کشاورزی انجام شده است. بدینوسیله از حمایت های بی دریغ اساتید راهنما و مشاور پایان نامه تشکر و سپاسگزاری می‌نماید.

منابع مورد استفاده

۱- **جاجرمی، و. ۱۳۹۴.** بررسی اثر تنش خشکی بر مولفه‌های جوانه‌زنی هفت رقم گندم. پژوهش‌های زراعی در حاشیه کویر، ۱۲(۱): ۱۱-۱.

۲- **جعفرنژاد، ا.، طاهری، ق. و راه چمنی ع.ا. ۱۳۸۸.** بررسی تحمل به خشکی چهار ژنوتیپ گندم در مرحله جوانه زنی. مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۲(۱): ۸۵-۷۳.

۳- **دولت‌آبادیان، آ.، مدرس ثانوی، س.ع.م. و اعتمادی، ف. ۱۳۸۷.** اثر پیش تیمار اسید سالیسیلیک بر جوانه زنی بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط تنش شوری. مجله زیست شناسی ایران، ۲۱(۴): ۶۹۲-۷۰۲.

٤- **رجبی، ر. و پوستینی، ک. ۱۳۸۴.** اثرات نمک NaCl بر جوانه زنی بذر ۳۰ رقم گندم نان. مجله علمی کشاورزی، ۲۸(۱):۴۴-۲۹.

٥- **رحیمیان مشهدی، ح.، باقری، ع.ر. و پاریاب، ا. ۱۳۷۰.** اثر پتانسیل های مختلف حاصل از پلی اتیلن گلیکول و کلرور سدیم توأم با درجه حرارت بر جوانه زنی توده های گندم دیم. علوم و صنایع کشاورزی، ۵: ۳۶-۴۵.

٦- **سعیدی، ف.م. ۱۳۸۶.** ارزیابی ویژگیهای جوانه زنی ژنوتیپ های مختلف گندم در شرایط تنش اسمزی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۱): ۲۸۱-۲۹۴.

۷- **سیادت، ع.ا.، مدحج، ع. و اصفهانی، م. ۱۳۹۲.** غلات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۵۲ صفحه

۸- **فیروزی، ب.، سفالیان، ا.، شکرپور، م.، رسول زاده، ع. و احمدپور، ف. ۱۳۹۱.** ارزیابی ژنوتیپ های بهاره گندم با استفاده از شاخصهای تحمل به خشکی و تجزیه به مؤلفه های اصلی. تنش های محیطی در علوم زراعی، ۵(۲): ۱۱۳-۹۹.

۹- **کریم زاده سورشجانی، ه.ا.، امام، ی. و موری، س. ۱۳۹۱.** تأثیر تنش خشکی آخر فصل بر عملکرد، اجزای عملکرد و دمای سایه انداز گیاهی ارقام گندم نان. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۱(۱): ۵۸-۳۸.

۱۰- **کوچکی، ع. و همکاران. ۱۳۷۰.** مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی. انتشارات آستان قدس رضوی. ۴۰۴ صفحه.

۱۱- **ملکی، ع.، حقی آبی، ا.ح. و حقی آبی، ح.ر. ۱۳۸۶.** بررسی تأثیر کم آبیاری بر عملکرد دانه گندم دوروم رقم کرخه در منطقه خرم آباد. پژوهش کشاورزی، ۷(۴): ۱۰۸-۹۹.

۱۲- **مودیان، س.ز.، کریمیان، ع.ر.، علامت ساز، م.ح. و پروازیان، ا. ۱۳۷۸.** اثر تنش آبی بر خصوصیات جوانه زنی گندم. علوم خاک و آب. ۱۳(۱): ۹۸-۸۶.

13- **Agrawal, R. 2003.** Seed Technology. Oxford Press, New Delhi, India, 829 p.

14- **Ahmad Dar, T., Uddin, M., Khan, M.M., Hakeem, K.R. and Jaleel, H. 2015.** Jasmonates counter plant stress: A Review. Environmental and Experimental Botany, 115:49–57.
15- **Almaghrabi, O.A. 2009.** Impact of drought stress on germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. Life Science Journal, 9(1):590-600.
16- **Anjum, S.A., Wang, L.C., Farooq, M., Hussain, M., Xue, L.L. and Zou, C.M. 2011.** Brassinolide application improves the drought tolerance in maize through modulation of enzymatic antioxidants and leaf gas exchange. Journal of Agronomy of Crop Science, 197: 177-185.
17- **Ashraf, M. and Foolad, M.R. 2007.** Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206–216.
18- **Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, L.D. 1973.** Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
19- **Bergman, J.W., Hartman, G.P., Black, A.L., Brown, P.L. and Riveland, N.R. 1979.** Safflower production guidelines. Rev. Capsule Information Series-Montana Agricultural Experiment Station (USA). no. 8.
20- **Das, M. and Zaidi, P.H. 1996.** Effect of various soil matric potentials on germination and seedling growth of chickpea (*Cicer arietimum* L.) biotypes. Legume Research, 19: 211-217.
21- **De Ollas, C., Hernando, B., Arbona, V. and Gómez-Cadenas, A. 2012.** Jasmonic acid transient accumulation is needed for abscisic acid increase in citrus roots under drought stress conditions. Physiologia Plantarum, 147: 296–306.
22- **Eyidogan, F., Oz, M.T., Yucel, M. and Oktem, H.A. 2012.** Signal transduction of phytohormonesu under abiotic stresses. In Phytohormones and Abiotic Stress Tolerance in Plants; Khan, N.A., Nazar, R., *et al.*, Eds.; Springer Science & Business Media: New York, NY, USA, p. 1–49.
23- **Larsen, S.U. and Andreasen. C. 2004.** Light and heavy seeds differ in germination percentage and mean germination thermal time. Crop Science, 44:1710-1720.
24- **Maguire, J. D. 1962.** Speed of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2:176-177.
25- **Mexal, J. and Ried, C.P.P. 1975**. Oxygen availability in PEG solution and its implication in plant water relations. Plant Physiology, 55:20-24.
26- **Michel, B.E. and Kaufman, M.R. 1973.** The osmotic potential of poly ethylene glycol 6000. Plant physiology, 51:914-916.
27- **Paulsen, G.M. 1987.** Wheat stand establishment. PP. 387-389. In: E.G. Heyne (Ed.), Wheat and Wheat Improrant. 2nd edition, American Soc. Exp. Agron., USA.
28- **Scott, S.J., Jones, R.A. and Williams, W.A. 1984.** Review of data analysis methods for seed germination. Crop Science, 24:1192-1199.
29- **Shewry, P.R. 2009.** Wheat. Journal of Experimental Botany, 60:1537-1553.

30- **Ullah, A., Manghwar, H., Shaban, M., Hamid Khan, A., Akbar, A., Ali, U., Ali, E. and Fahad, S. 2018.** Phytohormones enhanced drought tolerance in plants:a coping strategy. Environmental Science and Pollution Research, 25:33103–33118.

31- **Willenborg, C.J., Wildeman, J.C., Miller, A.K., Rossnagel, B.G. and Shirtliffe, S.J. 2005**. Oat germination characteristics differ among genotypes, seed size and osmotic potentials. Crop Science, 45:2023-2029.

Bi-annual Journal of Plant Production Science
Vol. 13, Issue 2, autumn and winter 2023

Investigating the improvement of seed germination of bread and durum wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) by using salicylic acid and jasmonic acid under drought stress conditions

Niloofar Maheri[1], Tayyeb Sakinejad [2], Adel Modhej[3*], Mohammad Reza Dadnia[2], Seyed Keyvan Marashi[2]

1- Agronomy Ph.D. student, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2-Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
3-Department of Agronomy, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran.

Corresponding Author: Email: Adel.modhej@yahoo.com

(Received: October 19, 2023; Accepted: November 18, 2023)

Abstract
An experiment was conducted to investigate the effect of salicylic acid (Sa) and jasmonic acid (Ja) pretreatment hormones on germination and seedling growth of Chamran and Karkheh wheat cultivars under drought stress (St). The cultivars seeds were primed with Ja (100 µM) and Sa (10 mM). St was applied using polyethylene glycol (PEG-6000). The data were analyzed based on a factorial experiment with three replications in the a randomized complete block design. The use of Ja and Sa reduced the effects of St on wheat germination indices and the use of Ja was more effective. St reduced germination by 33.45%, while the application of Ja and Sa improved it to 22.5%. Germination seedling stress and seed length vigor index were also decreased by 23.7 and 55% under St compared to the control, but with Ja and Sa application, these indices improved to 20 and 16%, respectively. The sensitivity of Karkheh variety with less accumulation of proline was higher in St conditions and it improved to a great extent with the application of Ja and Sa. It is recommended not to use the Karkheh for the southern and western parts of Khuzestan province, where there is a high probability of St occurrence. Considering the improving effect of Ja and Sa on the germination indices of wheat seeds tested in this study, it is suggested that during additional studies, other seeds of wheat cultivars should also be tested with these hormones for use in tropical areas.

Keywords: wheat, salicylic acid, jasmonic acid, germination, Proline