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

اثر مقادیر نیتروژن و عدم آبیاری در برخی مراحل رشد بر برخی صفات مورفولوژیکی و عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) **Sc770**

فاطمه نصیریان[۱]، عادل مدحج[۲]، عبدالکریم بنی سعیدی[۲]

۱- دانش‌آموخته کارشناس ارشد، زراعت، واحد علوم و تحقیقات (خوزستان) اهواز، ایران
۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
نویسنده مسئول مکاتبات : پست الکترونیکی: k.banisaidi@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۸ اسفندماه ۱۴۰۲; تاریخ پذیرش ۲۸ اسفندماه ۱۴۰۲)

چکیده

تنش خشکی و میزان نیتروژن به‌عنوان دو عامل محدودکننده عملکرد دانه ذرت به شمار می‌رود به‌منظور بررسی اثر زمان وقوع تنش خشکی و مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت رقم SC ۷۷۰، این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در تابستان سال ۱۳۹۳ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر انجام شد. تیمارهای موردبررسی شامل زمان قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد (در مرحله ۱۰ برگی تا تاسل، قطع آبیاری در مرحله ظهور ۵۰ درصد تاسل تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها و شاهد بدون تنش) و مقادیر کود نیتروژن (۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بود. نتایج نشان داد در تیمار عدم آبیاری در مرحله گلدهی، عملکرد دانه به دلیل تعداد دانه در بلال باوجود افزایش وزن هزار دانه باعث کاهش یافت. در تیمار آبیاری کامل (شاهد) باوجود وزن هزار دانه کمتر ولی به دلیل افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بلال عملکرد دانه بالاتری به دست آمد. افزایش مقادیر نیتروژن در شرایط تنش سبب افزایش تعداد دانه در برابر شد اما به دلیل حساسیت مرحله زایشی به تنش خشکی عملکرد دانه کمتری نسبت به شرایط مطلوب به دست آورد. آبیاری در مرحله ۵۰ درصد تا قهوه‌ای شده ابریشم‌ها شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. تنش در مرحله ۱۰ برگی به دلیل کاهش توسعه و آماس سلول سبب کاهش ارتفاع گیاه گردید. نتایج این بررسی نشان داد در شرایطی که گیاه در طول دوره رشد تنش خشکی در گلدهی مواجه می‌شود افزایش مصرف نیتروژن به در مرحله رشد رویشی منظور کاهش اثرات تنش خشکی مفید به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ذرت، عملکرد دانه، نیتروژن

مقدمه

کمبود آب از محدودکننده‌ترین عوامل تولید محصولات زراعی نظیر ذرت در سراسر جهان است. اثرات کمبود رطوبت بر رشد، مقدار عملکرد و کیفیت گیاه بسیار وسیع است. میزان حساسیت به تنش خشکی در مراحل رشد و نمو گیاه ذرت متفاوت است (۱۵). اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه نه‌تنها به‌شدت تنش بلکه به زمان وقوع تنش در طی مرحله رشد گیاه بستگی دارد که این امر می‌تواند مقدار عملکرد نهایی دانه را به میزان متفاوتی کاهش دهد مهم‌ترین فرایند کمبود رطوبت کاهش سرعت نمو، کاهش رشد طولی ساقه و کاهش رشد برگ‌ها است که درنهایت منجر به کاهش عملکرد محصول می‌شود. (۱۲). تنش خشکی در مرحله رشد رویشی مکن است تأثیر کمی بر عملکرد نهایی داشته باشد ولی پیامدهای درازمدت به‌صورت کاهش اندازه نهایی برگ‌ها و میانگره ها و کاهش عملکرد ۱۵ تا ۲۵ درصد در ذرت می‌شود (۱۹). بیشترین حساسیت نسبت به خشکی در چرخه زندگی گیاه ذرت در مرحله نمو و باروری گلچه‌ها بود تنش خشکی حتی در زمان کوتاه در این مرحله باعث کاهش عملکرد می‌گردد (۱۸)؛ که وقوع تنش خشکی در مرحله رشد زایشی ذرت عملکرد دانه را تا حدود ۵۰ درصد در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش داد (۱۹). نیتروژن عنصر ضروری برای رشد گیاه بوده و تغییر در مقدار قابل‌دسترس آن به‌ویژه در شرایط تنش آب عملکرد گیاه را به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌دهد مقدار نیتروژن قابل‌دسترس در توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر بوده و مراحل فنولوژیکی رشد و نمو در اثر کمبود نیتروژن به تأخیر می‌افتد (۶). بر محققین بیان داشتند بیان داشتند افزایش کود نیتروژن تا مقدار ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار با تأثیر برافزایش شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک و اجزای عملکرد، عملکرد دانه را افزایش داد (۱۱). تنش خشکی باعث کاهش کارایی زراعی نیتروژن و عدم تأثیر مثبت افزایش مصرف نیتروژن در افزایش عملکرد دانه می‌گردد (۸). از سویی عدم تأمین مقدار نیتروژن مناسب نیز اثر مضاعفی بر کاهش عملکرد گیاه ذرت خواهد داشت. مقدار کافی رطوبت در ناحیه ریشه عامل مهمی برای استفاده بهینه از عناصر غذایی موجود در خاک است به‌طوری‌که در شرایط تنش رطوبتی خاک به دلیل کاهش جریان توده آب در جذب عناصر توسط گیاه اختلال ایجاد می‌شود (۹) . نتایج تحقیقی نشان داد در رابطه با اثر متقابل آبیاری و نیتروژن، افزایش هم‌زمان رطوبت خاک و نیتروژن عملکرد دانه را افزایش داد ولی مصرف مقادیر بالای کود نیتروژن در شرایط تنش رطوبتی به علت کاهش جذب و افزایش هدرروی نیتروژن عملکرد دانه را کاهش داد (۱۱). در شرایط کمبود آب در خاک که جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهد، لزوم برقراری تناسب میان نیتروژن مصرفی و فراهمی رطوبت در خاک ضروری است. در شرایطی که آب کافی در اختیار نباشد، مدیریت شرایط مطلوب کارساز نبوده و به هدر رفتن منابع و کاهش کارایی مصرف آب و نیتروژن منجر می‌گردد. افزایش میزان رطوبت خاک، واکنش عملکرد ذرت را به کود نیتروژن افزایش می‌دهد (۱۳). ازاین‌رو تأمین رطوبت کافی و نیتروژن در هر منطقه با توجه به شرایط اقلیمی آن می‌تواند ضمن افزایش بهره‌وری از امکانات تولید موجب حصول عملکرد مناسب در واحد سطح گردد.

این تحقیق باهدف بررسی اثر زمان و مدت تنش خشکی بر میزان تأثیر مصرف کود نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و تعیین بهترین میزان نیتروژن مصرفی در شرایط شهرستان شوشتر در شرایط کم آبیاری ذرت دانه‌ای استفاده و در برنامه‌های به زراعی اجرا گردد تا به راهکارهایی مناسب جهت افزایش کار آیی استفاده از منابع و کاهش هزینه‌ها دست‌یافت.

مواد و روش‌ها:

این تحقیق در تابستان ۱۳۹۳ در اراضی واقع در شهرستان شوشتر با عرض جغرافیایی ۴۸ درجه ۵۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۶۷ متری از سطح دریا اجرا شد. محل آزمایش ازنظر آب‌وهوا و تقسیمات اقلیمی جزءمناطق گرم و خشک محسوب می‌شود. قبل از اجرای آزمایش به‌منظور تعیین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش، قبل از افزودن کود و کشت، ۱۰ نمونه مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک تهیه گردید و سپس در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده مورد تجزیه قرار گرفت.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی محل انجام تحقیق

کد نمونه	عمق cm	هدایت الکتریکی عصاره اشباع	اسیدیته گل اشباع	درصد ماده آلی	درصد کربن آلی	درصد ازت کل	فسفر قابل‌جذب	پتاسیم قابل‌جذب	درصد رس	درصد لای	درصد ماسه	کلاس بافت خاک
	۰-۳۰	۳/٤۷	۸/٥٦	۰/٤۹	۰/٥٥	۰/٥٥	٥/٦	۲۲۰	۱۸	٤٦	۳٦	**loam**

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد؛ که شامل قطع آب آبیاری در مراحل رشد رویشی (ابتدای ۱۰ برگی تا ظهور تاسل) و زایشی (۵۰ درصد تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها) و همچنین تیمار شاهد آبیاری مطلوب بود. سه سطح کود نیتروژن شامل ۲۰۰،۱۵۰،۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره در نظر گرفته شد. هر کرت شامل ۷ ردیف کاشت به طول ۱۰ متر و با فواصل بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۹ سانتی‌متر بود. با تراکم کاشت ۷۵ هزار بوته در هکتار تاریخ کاشت نیمه اول مردادماه بود. در این تحقیق از بذر ذرت هیبرید Sc۷۷۰ استفاده شد. عملیات خاک‌ورزی شامل شخم عمیق توسط گاوآهن برگردان دار و دو دیسک عمود برهم انجام شد. کودهای فسفر و پتاس بر اساس آزمون خاک به‌صورت پایه مصرف گردید. این هیبرید دیررس جهت کشت در استان خوزستان توصیه می‌شود اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد و در طول فصل رشد مجموعاً ۱۰ نوبت آبیاری صورت گرفت. نیتروژن موردنیاز از منبع اوره تأمین گردید که ۵۰ درصد هنگام کاشت و مابقی در مرحله شش برگی گیاه به‌صورت نواری مصرف شد، ابتدا شیارهایی در داخل جویچه های آبیاری هر کرت ایجاد و نیتروژن مصرفی به‌طور یکنواخت در داخل شیار قرار داده شد. روی شیارها

با خاک پوشانده شد و بلافاصله آبیاری انجام گرفت. میانگین ارتفاع ۱۰ گیاه از قاعده تا انتهای گل‌آذین نر در مرحله ابریشم دهی به‌صورت تصادفی از هر کرت جدا و اندازه‌گیری شد. رسیدگی دانه‌ها با تشکیل لایه سیاه در قاعده دانه‌ها در آبان ماه و با رطوبت ۲۰-۱۸ درصد مشخص گردید. برداشت نهایی به‌صورت دستی انجام گرفت. قبل از برداشت نهایی، پس از حذف حاشیه‌ها در خط (۵ و ۴) ده بوته که نماینده هر کرت موردنظر بودند، علامت‌گذاری شدند. محصول هر کرت ابتدا بسته‌بندی و اتیکت گذاری شده جهت اندازه‌گیری‌های موردنظر به آزمایشگاه منتقل گردید. بعد از انتقال محصول هر کرت به آزمایشگاه وزن کل گیاه در هر کرت یادداشت شد، سپس قسمت‌های مختلف شامل پوشش بلال، خود بلال، گل‌آذین نر و بلال جداشده و وزن آن‌ها محاسبه شد. برای محاسبه وزن اجزای گیاه بر اساس وزن خشک، نمونه‌ای تصادفی از هر جزء به‌صورت جدا درون آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. اجزای عملکرد شامل تعداد ردیف دانه دربلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه محاسبه گردید. عملکرد بیولوژیکی (وزن خشک کل اندام‌های هوایی) تعیین و پس از توزین عملکرد دانه شاخص برداشت بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید (۹).

رابطه ۱

$$\text{شاخص برداشت (درصد)} = \frac{\text{عملکرد دانه (گرم در مربع)}}{\text{عملکرد بیولوژیکی (گرم در مربع)}} \times 100$$

در مراحل رشد محتوی نسبی آب برگ برای بررسی چگونگی واکنش گیاه به تنش کمبود آب محتوی نسبی آب برگ اندازه‌گیری شد. بدین منظور ابتدا وزن‌تر نمونه برگ (FW) گرفته شد و سپس نمونه را به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق داخل آب مقطر غوطه‌ور قرار داده و پس‌ازاین زمان وزن آماس نمونه (TW) خوانده شد. سپس نمونه‌ها ۴۸ ساعت درون آون (مدل E240) با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک (DW) به دست آمد و در رابطه ۲ زیر قرار گرفت:

رابطه ۲

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$

برای تجزیه آماری داده‌ها و مقایسه میانگین به روش آزمون دانکن در سطح پنج درصد از نرم‌افزار SAS استفاده شد.

نتایج و بحث

تعداد دانه در ردیف

تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در ردیف گردید (جدول ۱). بیشترین کاهش تعداد دانه در ردیف با ۳۷ درصد در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و پس‌ازآن قطع آبیاری در مرحله ۱۰ برگی با کاهش حدود ۱۸ درصد مشاهده شد (جدول ۲). نتایج سایر محققین نشان می‌دهد عدم آبیاری در مرحله گلدهی با کاهش دانه‌های گرده، خشک شدن کلاله ابریشم‌ها و د نتیجه عدم تلقیح گلچه‌ها باعث کاهش تعداد دانه در ردیف می گرد (۱۸،۱۹ و ۲۱). با افزایش کاربرد نیتروژن تعداد دانه در ردیف افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۱). به نظر می‌رسد در هر بلال

به دلیل فراهم بودن شرایط تغذیه مناسب در سطوح بالاتر نیتروژن در مراحل تعیین تعداد تخمک در ردیف باعث افزایش تعداد دانه در ردیف می‌شود فراهم نمودن مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن ۳ هفته قبل تا دو هفته بعد از ابریشم دهی گیاه ذرت ارتباط نزدیک با تولید دانه می‌شود(۲۰). اثر برهم‌کنش تنش قطع آبیاری و نیتروژن بر تعداد دانه در ردیف در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود در شرایط آبیاری مطلوب و تنش در مرحله ۱۰ برگی تا ظهور تاسل و ظهور ۵۰ ابریشم باعث افزایش در ردیف گردید. تنش رطوبتی قبل از ظهور ابریشم دهی داد دانه در ردیف بلال را به دلیل افزایش در تولید دانه‌های گرده عقیم که ناشی از کمبود مواد پرورده بود کاهش داد بنابراین با افزایش مقادیر نیتروژن و انتقال مواد پرورده به بلال اثر مثبت بر این صفت می‌گذارد مقدار آن را افزایش می‌دهد (۱۹).

تعداد دانه در بلال

اثر سطوح مختلف آبیاری بر تعداد دانه در بلال در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). قطع آبیاری در دو مرحله مختلف رشد باعث کاهش تعداد دانه در بلال نسبت به شاهد شد بیشترین کاهش در تیمار عدم آبیاری در مرحله با ۳۸ درصد کاهش پس‌ازآن عدم آبیاری در مرحله رویشی با ۲۹ درصد کاهش قرار گرفت (جدول ۲). به نظر می‌رسد دلیل اختلاف در گرده‌افشانی پدیده عقیمی و درصد سقط‌جنین باعث کاهش تعداد دانه در بلال گردید از طرفی از به دلیل عملکرد از طریق کاهش دسترسی بلال به مواد پرورده باعث کاهش میزان تشکیل دانه شد عدم هم‌زمانی نر و ابریشم‌ها خشک شدن دانه‌های گرده کاهش فتوسنتز و عدم نمو کامل کیسه جنینی از عوامل کاهش تعداد دانه در بلال است (۱۲). نیتروژن نیز بر تعداد در بلال در سطح یک درصد آماری تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۱). با افزایش کاربرد میزان نیتروژن تعداد دانه در بلا افزایش معنی‌داری یافت (جدول ۳). دوره بحرانی تشکیل دانه گیاه ذرت بین ۱ تا ۲ هفته قبل از ابریشم دهی تا سه هفته بعد از ابریشم دهی است مواد پرورده آن به بلا در این دوره ارتباط بسیار نزدیکی با تعداد دانه در بلال دارد. اثر برهم‌کنش زمان قطع آبیاری و نیتروژن بر تعداد دانه در بلال در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). تعداد دانه در بلال مربوط به تیمار شاهد و کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود و کمترین تعداد دانه در بلال مربوط به تیمار ظهور ۵۰ درصد تاسل ابریشم‌ها ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص تنش خشکی سبب کاهش دسترسی بلال به مواد پرورده و افزایش تولید دانه‌های گرده عقیم شده که این امر تعداد دانه در ردیف را کاهش می‌دهد؛ بنابراین به نظر می‌رسد که این عامل سبب کاهش تعداد دانه در بلال شد از سویی دیگر با افزایش مقدار نیتروژن در دوره بحرانی تشکیل دانه گیاه ذرت با فراهم بودن مواد پرورده و انتقال آن به بلال در مرحله تعیین تعداد تخمک در ردیف باعث افزایش تعداد دانه در ردیف شد.

وزن هزار دانه

اثر قطع آبیاری بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن هزار دانه در تیمار عدم آبیاری در مرحله گلدهی و کمترین وزن هزار دانه در تیمار عدم آبیاری در مرحله ابتدای ۱۰ برگی تا ظهور تاسل

مشاهده شد (جدول ۲). کاهش تعداد دانه در بلال در اثر کاهش غنچه‌های تلقیح شده در شرایط عدم آبیاری در مرحله گلدهی توسط محققین دیگر نیز گزارش‌شده است (۱۶، ۱۸). افزایش مصرف نیتروژن باعث افزایش وزن هزار دانه گردید. میانگین وزن هزار دانه به انتقال مواد به بلال بین گلدهی تا رسیدن دانه بستگی دارد و این مرحله به‌نوبه خود به طول عمر برگ پس از مرحله گرده‌افشانی و همچنین روابط منبع و مخزن وابسته است. با افزایش کاربرد نیتروژن در شرایط آبیاری مطلوب وزن هزار دانه ا فزایش معنی‌داری یافت.

جدول ۱ خلاصه نتایج واریانس میانگین مربعات صفات موردمطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	تعداد ردیف بلال	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	ارتفاع گیاه	محتوی نسبی آب برگ
تکرار	۲	۱۵۸۵/۳**	۳۱۳۹۹/٤**	۳۵/۹۲**	۱/٤٤	۲۲/٤۸**	۱۲٤۸٤/۲**	۹۲/۵۹**	۹٦۸/۲۵**	۱۵/۲۷**
تنش خشکی	۲	٤۲٦۱۹۸/۸**	۵۳۰۹۰۱/٦**	٤٤۵/۷۱**	۰/۳۸	۳۹٦/۰٤**	۱۳۸٦۷۱/٤**	۹۲۰۷/۲٦**	۳۰۲۰۹/۹۲**	۷۸۹/۱۱*
نیتروژن	۲	۳۰۹۳٦/۱**	۵۲۰۸۷/۳**	۵/۸۵^{ns}	۰/۳۳	۲۰/۲٦**	۷۳۹٦/۹**	۸۷٦/۷۰*	۲۱۷/۵۹^{ns}	٤/۹٦^{ns}
تنش خشکی × نیتروژن	۴	۲۵۱۸/۹**	۳۲٤٤/۲٦**	۲/٦٦٤^{ns}	۰/۱۱	٦/۵۹*	۲۸۰۰/۰٤*	٤۲/۱٤۷*	۱۰۲/۰۹^{ns}	۲/۵٤ ^{ns}
اشتباه	۱۶	۱۱۷/۷	۳۷۸/۲	۱/۵٦	۰/۱۵	۲/۰٦	۷۸۲/۱۵	۲۵/۵۹	۹۸/۳۸	۳/۳۱
ضریب تغییرات (CV%)		۱/۶۱	۱/٤۰	۲/٤۷	۳/۰۱	٤/٦۳	۱/۷٦	۱/۸٤	۵/۲٤	۲/۲۲

^{ns} و * و **: به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد است.

جدول ۲ نتایج مقایسات میانگین سطوح تنش خشکی برای صفات موردمطالعه

	میانگین صفات								
تنش خشکی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	تعداد ردیف بلال	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه	ارتفاع گیاه (cm)	محتوی نسبی آب برگ
a1	٦٦٩/٠١b	١٣٩٦/٥٦ b	٤٧/٩b	١٣/١٥ a	٣١b	٤٤٣b	١٤٥/٣٨c	١٣٢/١٦ c	٨١/٣٦b
a2	٥٣٠/٢٩c	١١٥١/٦٧c	٤٦/٨b	١٢/٥٠a	٢٤c	٣٨٧c	٢٢٧/٥٧a	٢٠٦/٤٩ab	٧٢/٦٥c
a3	٩١٦/١١a	١٧٨٩/٣٣a	٥٢/١٨a	١٣/٤٤a	٣٨a	٦٢٤a	١٧٦/٩٠b	٣٢٨/٢٧a	٩٠/٣٢a

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ۵٪ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

a1: ابتدای ۱۰ برگی تا ظهور تاسل، a2: ظهور ۵۰ درصد تاسل ها تا قهوای شدن ابریشم، a3: شاهد بدون تنش

جدول ۳ نتایج مقایسات میانگین سطوح کود نیتروژن برای صفات موردمطالعه

	میانگین صفات							
سطوح کود نیتروژن	عملکرد دانه (گرم در هر مترمربع)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در هر مترمربع)	شاخص برداشت	تعداد ردیف بلال	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع گیاه (cm)
b1	٦٢٩/٦٨c	١٣١٢/٨٩c	٤٦/٥٠a	١٢/٧٨ a	٢٦c	٤٥١c	١٦٥/٤٦c	١٨١/٧٨a
b2	٦٨٤/٦b	١٣٩٨b	٤٨/٠٠a	١٣/١١a	٣١b	٤٨٨b	١٨٤/٤٦b	١٨٤/٨٩a
b3	٧٤٧/٠١a	١٥٢١/٧٦ a	٤٨/٣٣a	١٣/١١a	٣٤a	٥١٦ a	٢٠٣/٧٦a	١٨٧/٦٧a

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ۵٪ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

b1 : ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، b2: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، b3: ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار

جدول ۴ نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل تنش خشکی × کود نیتروژن برای صفات موردمطالعه

		میانگین صفات						
تنش خشکی	کود نیتروژن	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت	تعداد دانه در ردیف بلال	تعداد دانه در بلال	وزن هزار دانه (گرم)	ارتفاع گیاه (cm)
a1	b1	۶۳۷/۵۱ f	۱۳۳۵/۳ f	۴۷/۷۴b	۲۷f	۴۱۵.۰e	۱۳۴/۵۶i	۱۳۳/۶۷ c
	b2	۶۸۵/۳۳e	۱۳۹۸/۳e	۴۸/۰۲b	۳۱de	۴۴۴.۰d	۱۴۱/۸۶h	۱۲۹/۷c
	b3	۷۱۴/۲۷d	۱۵۲۶/۰d	۴۷/۸۰b	۳۴/۳d	۴۷۰.۰d	۱۵۹/۷۳fg	۱۳۳/۱۲c
a2	b1	۴۲۲/۲۰i	۱۰۶۷/۳i	۴۵/۰۹bc	۲۱/۳h	۳۸۷g	۱۹۹.۴۲c	۲۰۰/۲۰ab
	b2	۴۵۹/۱۴h	۱۱۶۸/۳h	۴۷/۱۲b	۲۵gh	۳۹۰fg	۲۳۰.۲۴b	۲۰۷/۲۷ab
	b3	۵۱۷/۱۱g	۱۲۱۹/۳g	۴۶/۰۳b	۲۶/۱g	۴۲۳f	۲۵۴.۰۷a	۲۱۰/۰۰ab
a3	b1	۸۲۹/۳۳c	۱۵۳۶/۰c	۵۲/۰۳a	۳۵c	۵۸۵c	۱۶۲/۴۴f	۲۲۴/۴۷a
	b2	۹۰۹/۳۳b	۱۶۲۷/۳b	۵۱/۶۹a	۳۸ab	۶۳۱ab	۱۸۱/۳۱de	۲۲۸/۳۳a
	b3	۱۰۰۹/۶۷[a]	۱۸۲۰/۷[a]	۵۲/۸۴a	۴۱a	۶۵۷a	۱۸۷/۵۰d	۲۲۹/۰۱a

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ۵٪ ازلحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

a1: ابتدای ۱۰ برگی تا ظهور تاسل، a2: ظهور ۵۰ درصد تاسل ها تا قهوه‌ای شدن ابریشم، a3: شاهد بدون تنش

b1: ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، b2: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، b3: ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار

عملکرد دانه

تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه گردید (جدول ۱). تنش قطع آبیاری باعث کاهش سطح برگ، کاهش محتوای نسبی آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها ولوله‌ای شدن برگ می‌گردد که این عوامل می‌توانند بر میزان فتوسنتز تأثیر گذاشته و مقدار عرضه مواد فتوسنتزی را کاهش داد و باعث تغییر در اجزای عملکرد و درنهایت کاهش عملکرد دانه شود (۵ و ۱۲). کاهش معنی‌دار تعداد دانه در بلال (جدول ۲) با افزایش وزن هزار دانه باعث کاهش عملکرد دانه در تیمار عدم آبیاری در مرحله گلدهی گردید درحالی‌که باوجود وزن هزار دانه کمتر در آبیاری کامل، به دلیل افزایش معنی‌دار تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، عملکرد دانه بالاتری به دست آورد. اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح اعتماد یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). افزایش میزان نیتروژن به دلیل کاهش سقط‌جنین افزایش حیات دانه گرده، افزایش سطح و دوام برگ و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی باعث افزایش تعداد دانه شد. این نتایج با محققان دیگر (۷، ۱۸) مطابقت داشت. اثر برهمکنش زمان قطع آبیاری و نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود **(جدول ٤)**. بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار در شرایط آبیاری کامل و کمترین مقدار با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در شرایط قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد تاسل قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها بود. افزایش هم‌زمان رطوبت خاک و نیتروژن منجر به افزایش عملکرد دانه گردید وجود نیتروژن کافی عملکرد دانه ذرت را تحت شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط مطلوب به مقدار کمی افزایش داد

عملکرد بیولوژیک

نتایج نشان داد که اثر زمان قطع آبیاری بر عملکرد بیولوژیکی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در شرایط آبیاری کامل به دلیل رشد بهتر گیاه و ذخیره‌سازی مناسب در اندام‌های رویشی و افزایش دوام سطح برگ و تلقیح مناسب گلچه‌ها عملکرد بیولوژیکی به‌طور معنی‌دار بالاتر از عدم آبیاری در مرحله ۵۰ درصد تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها بود. با توجه به همبستگی مثبت عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه کاهش صفت مذکور در شرایط تنش را باید از عوامل مهم کاهش عملکرد بیولوژیکی در این تحقیق است. افزایش نیتروژن نیز باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیکی شد (جدول ۱). بطوریکه، عملکرد بیولوژیکی با کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار افزایش معنی‌داری نسبت به کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار برخوردار بود (جدول ۲). این امر به دلیل تأثیر مثبت نیتروژن بر اختصاص مواد فتوسنتزی در بخش‌های برگ، ساقه و افزایش مواد تجمع یافته دردانه است، این یافته با نتایج دیگر مطابقت است. اثر برهمکنش تنش زمان قطع آبیاری و مقادیر مختلف نیتروژن بر وزن بیولوژیکی معنی‌دار بود. (جدول ۴).

شاخص برداشت

نتایج نشان داد که با عدم آبیاری در مراحل مختلف رشد شاخص برداشت به‌طور معنی‌دار کاهش یافت که علت آن کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط عدم آبیاری در مراحل مختلف رشد بود (جدول ۱). نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان‌دهنده کاهش معنی‌دار عملکرد دانه به دلیل کاهش شاخص برداشت است (۱۹ و ۳).. افزایش بیشتر عملکرد دانه در مقایسه با افزایش عملکرد بیولوژیکی در آبیاری کامل (شاهد) باعث شاخص برداشت بالاتر این تیمار در مقایسه با سایر تیمارها شد. اثر مقادیر مختلف نیتروژن و اثر برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۴). عدم تأثیر نیتروژن نشان‌دهنده روند تغییرات نسبتاً یکسان عملکرد دانه و بیوماس کل بود. این یافته‌ها با نتایج دیگر پژوهشگران مطابقت داشت.(۲، ۱۰ و ۱۴)

ارتفاع نهایی گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار قطع آبیاری بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). تیمار آبیاری مطلوب با میانگین ارتفاع ۲۲۸/۲۷ سانتی‌متر بالاترین و عدم آبیاری در مرحله رویشی با میانگین ۱۳۲/۱۶ بیشترین اثر بر کاهش ارتفاع بوته داشت (جدول ۲). یکی از اثرات کمبود آب بر ذرت، کاهش توسعه سلول به‌واسطه‌ی کاهش در آماس سلول بود که این امر سبب کاهش ارتفاع گیاه شد. نتایج تحقیقات دیگر کاهش ارتفاع بوته در شرایط تنش خشکی را گزارش دادند (۴، ۱۴). تأثیر سایر تیمارها بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود.، با افزایش کاربرد مقادیر کود نیتروژن ۷۵،۱۰۰،۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ارتفاع بوته تحت تأثیر افزایش کود نیتروژن قرار نگرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که مراحل مختلف رشد گیاه تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار گرفتند. کمبود رطوبت در مرحله ۱۰ برگی تا تاسل باعث کاهش ارتفاع گیاه گردید. قطع آبیاری در مرحله ظهور ۵۰ درصد تاسل تا قهوه‌ای شدن ابریشم‌ها به‌طور معنی‌داری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد مؤثر بود و آن‌ها را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. همچنین کود نیتروژن اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و برخی از اجزای عملکرد دانه داشت. کاربرد نیتروژن کافی در مرحله قبل از گلدهی می‌تواند تا حدودی اثرات تنش در مرحله گلدهی را کاهش دهد ولی با توجه به اینکه استفاده کامل از کود نیتروژن مستلزم وجود رطوبت کافی است لذا کاربرد کود نیتروژن در آبیاری کامل در طول دوره رشد گیاه می‌تواند اثر مثبتی برافزایش عملکرد ذرت داشته باشد

محتوای نسبی آب برگ

تجزیه واریانس نشان داد که قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر محتوای نسبی آب برگ در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). عدم آبیاری در مرحله گلدهی با ۲۰ درصد کاهش در محتوای نسبی آب برگ نسبت به شاهد با میانگین ۷۲ درصد کمترین و آبیاری کامل با میانگین ۹۰ درصد بیشترین محتوای نسبی آب برگ را داشتند. محتوای نسبی آب برگ به‌عنوان شاخصی از وضعیت آب در گیاه است که با ا اندازه‌گیری آن می‌توان برآورد مناسبی از مقدار آب درون گیاه داشت(۱۲). محتوای نسبی آب برگ حاصل انتقال آب از ریشه به برگ است و هرگونه

تغییر در پتانسیل آب خاک می‌تواند با اخلال در جذب و انتقال آب از محتوای نسبی آب برگ بکاهد. زمانی که جذب آب از خاک محدود می‌شود فرایند توسعه برگ به دلیل کاهش محتوای نسبی آب برگ خیلی زود تحت تأثیر قرار می‌گیرد. کاهش سطح برگ جذب نور و تولید ماده خشک را به دلیل کاهش فتوسنتز محدود می‌سازد؛ و به همین دلیل است که کاهش محتوای نسبی آب برگ به‌عنوان شاخصی برای بررسی میزان رشد گیاه موردتوجه قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد عدم آبیاری در مرحله گلدهی با تأثیر بر اندازه سلول و کاهش فضای بین سلول‌ها و افزایش ضخامت لایه‌های پارانشیمی برگ که بخشی حاصل پیر شدن برگ‌ها در مرحله گلدهی است باعث تشدید کاهش محتوای نسبی آب برق شد و همین امر باعث افت فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها و عملکرد در این تیمار گردید نتایج این آزمایش نشان داد کمبود آب حتی برای یک دوره بر معنی‌داری بر کاهش محتوای نسبی آب برگ و به‌تبع آن کاهش فعالیت فتوسنتزی و عملکرد داشت کاهش رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش خشکی نشان‌دهنده کاهش فشار تورژسانس در سلول‌های گیاهی است. اثر مقادیر مختلف نیتروژن و برهمکنش نیتروژن و خشکی بر این صفت معنی‌دار نبود (۱۵).

نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد مناسب کود نیتروژن در مرحله رشد رویشی از مرحله ۱۰ برگی تا ظهور تاسل همراه با رطوبت کافی در خاک می‌تواند در صورت بروز تنش خشکی در مرحله گل‌دهی تا حدودی اثرات تنش خشکی بر عملکرد دانه را کاهش دهد لذا افزایش مصرف نیتروژن به‌منظور کاهش اثرات تنش خشکی ضروری به نظر می‌رسد

منابع

۱- بهنام فر، ک، ۱۳۷۶، مطالعه تأثیر کود پتاسیم بر ایجاد مقاومت به استرس خشکی و بازده مصرف آب در گیاه ذرت در شرایط آب‌وهوای خوزستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.۱۵۶ ص.

۲- توحیدی نژاد، ع.۱۳۷۰. تأثیر مقادیر کود نیتروژنِ و نحوه توزیع آن بر کمیت ذرت دانه‌ای و منحنی رشد آن در منطقه جیرفت پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس.

۳- رشیدی، ش. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در آب‌وهوای خوزستان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان ۱۵۱ صفحه.

۴- رفیعی، مسعود. ۱۳۸۱. اثرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص‌های ریشه و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای، پایان‌نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات اهواز ۱۴۲ ص.

۵- ساکی نژاد، ط.۱۳۸۲. مطالعه اثر تنش آب برروندجذب عناصر ازت، فسفر، پتاسیم و سدیم در دوره‌های مختلف رشد، با توجه به ویژگی‌های مرفولوژیک وفیزیولوژیک گیاه ذرت در شرایط آب‌وهوایی اهواز. پایان‌نامه دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات اهواز ۲۸۸ ص.

۶- سپهری، ع، س، مدرس ثانوی، قره یاضی، ب، یمینی. ۱۳۸۱. تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن برمراحل رشد و نمو عملکرد و اجزای عملکرد ذرت مجله علوم زراعی ایران جلد ۴ شماره ۳

۷- علوی فاضل م. ۱۳۸۹. اثر تأثیر عدم آبیاری در برخی مراحل رشد بر صفات اگروفیزیولوژیکی وابسته به عملکرد ذرت دانه‌ای هیبرید ۷۰۴ در الگوها تراکم‌های مختلف کاشت در شرایط آب و هوایی اهواز پایان‌نامه دکترای تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات خوزستان

۸- علیزاده.. ۱۳۸۴ بررسی اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر خصوصیات فیزیولوژیک عملکرد و اجزای عملکرد و میزان جذب عناصر غذایی و مطالعه همزیستی میکوریزایی در ذرت پایان‌نامه دکترای تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان

۹- فاجریا، ان. کا. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه هاشمی دزفولی. س.ا.ع کوچکی و بنایان اول انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد ۲۸۷ ص

۱۰- قاسمی پیر بلوطی، ع. ۱۳۸۰. بررسی اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر نحوه الگوی تخصیص ماده خشک در ذرت دانه‌ای رقم دانه‌ای Sc۷۰۴ در منطقه ورامین. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه تهران ۹۸ ص.

۱۱- قبادی، روژین، شیرخانی و جلیلیان.۱۳۹۴. بررسی اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف آب و نیتروژن گیاه ذرت. .SC 704 *پژوهش‌های کاربردی زراعی ۲۸* (۱۰۶) ۷۹-۸۷.

۱۲- لک ش، نادری آ، سیادت ع، آیینه بند ا، نور محمدی ق. ۱۳۸۵. اثر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بوته در شرایط مختلف رطوبتی بر عملکرد اجزا عملکرد کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای سینگل کراس ۷۰۴ مجله علوم زراعی ایران جلد هشتم شماره ۲

۱۳- مجدم، م.۱۳۸۵. اثر تنش کمبود آب و مدیریت مصرف نیتروژن بر ویژگی‌های اگرو فیزیولوژی و عملکرد ذرت دانه‌ای هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط آب‌وهوایی خوزستان. پایان‌نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

۱۴- مجیدیان، م؛ غدیری، ح.۱۳۸۱. تأثیر تنش رطوبت و مقادیر مختلف کود نیتروژنِ در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد، بازده استفاده از آب و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۳، شماره سوم: صفحات ۵۳۳-۵۲۱.

۱۵- ولدآبادی، س. ع. ر. د. مظاهری. ق نور محمدی و س. ا. هاشمی دزفولی ۱۳۷۹. بررسی اثر تنش خشکی بر خواص کمی و کیفی و شاخص‌های رشد ذرت سورگوم و ارزن خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران دانشگاه مازندران بابلسر صفحه ۶۱۷.

۱۶- نور محمدی، ق، سیادت ع، کاشانی. ۱۳۸۰. زراعت غلات (جلد اول). انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز ۴۴۶ صفحه.

16- Davis, J.G. 1994. Managing plant nutrients for optimum water use efficiency and way conservation. Adv. Agron. 53:85-120

17- Ghooshch,F.M.Seilsopour and P. Yafari. 2008. Effect of water stress on yield and some agronomic traits of maize Sc301. Your Nal of Agricultural science 4(6): 684-687

18- Mansouri-far, c. Modarres sanavy. S. A. M. saberali, s. f. 2010. maize yield response to deficit irrigation during low sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. Agric. Water manage. 97:12-22.

Moss, G.I. and Downey D.D.1971. Influence of drought stress in female gametophyte development in corn and subsequent grian yield. Crop Sci. 11:368-372.

19- Moser, S.B. Field, B. Jampatongs, stamp, P.2004. Effects of per anthesis drought nitrogen fertilizer rate and variety on grain yield, yield components and harvest index of tropical maize. Agric.Water management, 81:41-58.

20- Nismith, D.S and Ritchie, j T. 1992. short- and long-term response of corn anthesis soil water deficit. Agro. J. 841 07-113

21- Saif, U. M Masood, M. Farooq, S. Hussain and A. Habib. 2003. Effect of planting patterns and different irrigation level on the yield and yield component of amazing international journal of agricultural true and biology 540-583.

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

The effect of nitrogen amounts and lack of irrigation in some stages of growth on some morphological traits and yield of corn (*Zea Mays* L.) Sc770

Fatemeh Nasirian[1], Adel Madhaj[2], Abdul Karim Bani Saidi[2]

1 -Master's Degree, Agriculture, Science and Research (Khuzestan), Ahvaz, Iran

2 -Department of Plant Genetics and Production Engineering, Shushtar Branch, Islamic Azad University, Shushtar, Iran

Corresponding Author: Email: k.banisaidi@gmail.com

(Received: March 18, 2024; Accepted: February 27, 2024)

Abstract

Drought stress and the amount of nitrogen are considered two factors limiting the yield of corn grain. To investigate the effect of the time of occurrence of drought stress and different amounts of nitrogen on the yield and yield components of corn variety 770 SC, this research was carried out factorial in the form of a randomized complete block design in Three repetitions carried out in the summer of 2013 in the research farm of the Faculty of Agriculture of the Islamic Azad University, Shushtar branch. The investigated treatments include the time of stopping irrigation in different stages of growth (at the stage of 10 leaves to tassels, stopping irrigation at the stage of emergence of 50% of tassels until the silks turn brown and control without stress) and amounts of nitrogen fertilizer (100, 150 and 200 kg of pure nitrogen per hectare). The results showed that in the treatment of no irrigation in the flowering stage, the grain yield decreased due to the number of seeds in the cob despite the increase in the weight of 1000 seeds. In the full irrigation treatment (control), despite the weight of 1000 seeds being less, a higher seed yield was obtained due to the significant increase in the number of seeds in the cob. Increasing the amount of nitrogen under stress conditions caused an increase in the number of seeds. Still, due to the sensitivity of the reproductive stage to drought stress, the yield of seeds was less than the optimal conditions. Irrigation at the 50% stage until the silks turned brown, the harvest index decreased significantly. The stress in the 10-leaf stage caused a decrease in plant height due to decreased cell growth and development. The results of this study showed that in conditions where the plant faces drought stress during the flowering period, nitrogen consumption increases during the vegetative growth stage to reduce the effects of stress. Dryness seems beneficial.

Keywords: Corn, Drought Stress, Nitrogen, Grain Yield

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

اثر کاربرد سیلیس بر کاهش تنش ناشی از شوری در گیاه تربچه

ابراهیم فانی[*1]، شکوفه حاجی هاشمی[2]
۱. استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء (ص) بهبهان، بهبهان، ایران
۲. استادیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء (ص) بهبهان، بهبهان، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات : پست الکترونیکی: ebrahim_710@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۴ آذرماه ۱۴۰۲ ; تاریخ پذیرش:۲۸ اسفندماه ۱۴۰۲)

چکیده

وسعت زیاد اراضی شور در جهان و تقاضای رو به افزایش برای مواد غذایی به دلیل افزایش جمعیت جهان، اهمیت استفاده از راهکارهایی مناسب جهت بالا بردن تحمل گیاهان به شوری برای کشت آنها در زمین‌های شور را ضروری نموده است. سیلیس بعد از اکسیژن دومین ترکیب معدنی در کره زمین است که هنوز نقش آن به طور کامل در همه گیاهان روشن نیست اما اثر مثبت آن بر عملکرد و مقاومت به تنش‌های محیطی مشخص شده است. به‌منظور بررسی اثر کود سیلیس بر کاهش اثرات مضر ناشی از تیمار شوری در گیاه تربچه، این آزمایش گلدانی در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در شهرستان بهبهان در سال ۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارها شامل تنش شوری در دو سطح (صفر و ۲۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم) و کود سیلیس در دو سطح (صفر و دو گرم در لیتر) بودند. نتایج نشان داد که تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (F_v/F_m)، شاخص فتوسنتزی (PI_{ABS}) و عدد کلروفیل‌متر (SPAD) و همچنین کاهش طول ریشه و ارتفاع گیاه شد، در حالیکه تیمار کود سیلیس سبب کاهش اثرات مضر تنش شوری بر آنها شد. بین صفت عدد کلروفیل‌متر (SPAD) با صفات شاخص فتوسنتزی و میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (F_v/F_m) همبستگی مثبت و معنی‌دار دیده شد. بر طبق نتایج ، کاربرد کود سیلیس در شرایط تنش شوری با اثر مثبت بر میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (F_v/F_m)، شاخص فتوسنتزی و عدد کلروفیل‌متر (SPAD)، سبب کاهش اثرات مضر تنش شوری بر گیاه تربچه شد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع گیاه، شاخص فتوسنتزی، میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو

مقدمه

تربچه با نام علمی (*Raphanus Sativus* L.) گیاهی از خانواده‌ی شب‌بویان که قسمت خوراکی آن ریشه غده مانند بوده که به رنگ‌های مختلف سفید، قرمز، سیاه و دو رنگ دیده می‌شود. تربچه به دلیل دارا بودن سطح بالایی از ویتامین C و ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانتی بالا، در درمان سرطان موثر است (۳۱). در انواع نقلی تربچه، هیپوکتیل و در انواع کشیده آن، ریشه به همراه هیپوکوتیل به صورت خام و سالاد مصرف می‌شود (۸). تربچه دارای انواع مواد غذایی مانند کربوهیدرات، پروتئین، فیبر و ترکیبات معدنی است (۱۵). بخشهای مصرفی تربچه سرشار از مواد زیستی مانند سولفورافان، گلوکورافانین و گلوکوبراسیسین است (۷، ۱۳، ۲۲). ترکیبات زیستی مذکور اثر زیادی در درمان سرطان پروستات (۳۲)، کولون (۲۵) و سرطان سینه (۲۶) داشته‌اند.

در پنجاه سال اخیر تجمع بالای نمک خاک از عوامل اصلی محدودکننده در تولید محصولات زراعی است (۱۷). با توجه به افزایش سریع جمعیت جهان و افزایش تقاضا برای مواد غذایی، استفاده از زمین‌های شور جهت کشاورزی شتاب بیشتری گرفته است (۱۲). تنش شوری صفر تا ۲۰۰ میلی‌مولار بر رشد، فتوسنتز، رنگیزه‌های فتوسنتزی، کلروفیل کل و کارتنوئید گیاه تربچه اثر می‌گذارد (۶). در آزمایشی تنش شوری بر دو رقم تربچه میزان کلروفیل، کلروفیل a، کلروفیل b و نسبت کلروفیل a به b را کاهش داد (۲۹). با قرارگرفتن گیاه در معرض غلظت بالای نمک، میزان جذب آب به شدت کاهش یافته که این مسئله سطح آب درون و برون‌سلولی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و همچنین باعث کاهش فعالیت روزنه‌ای و درنتیجه فتوسنتز می‌شود (۲۰).

سیلیس بعد از اکسیژن دومین ترکیب معدنی در کره زمین است که هنوز نقش آن به طور کامل در همه گیاهان روشن نیست اما اثرات مثبت آن بر عملکرد و تحمل به تنش‌های محیطی مشخص شده است (۲۳). سیلیس یک عنصر غیرضروری و در عین حال مفید برای بسیاری از گیاهان محسوب می‌شود (۲۰)، که به ویژه برای ر شد و نمو گیاهان تحت شرایط تنش خشکی و شوری نقش دارد (۲). جذب سیلیس به وسیله گیاهان تحت تنش شوری، موجب افزایش فعالیت H^+-ATPase و H^+-Ppase در تونوپلاست و غشاء پلاسمایی می‌شود. این تغییرات عاملی برای کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم و تغییر توزیع یونها در ریشه‌ها و برگ‌های این گیاهان است. این عنصر همچنین برفعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان نیز اثر مثبت دارد (۱۹). گزارش‌های متعدی مبنی بر نقش عنصر سیلیس در کاهش اثرات مضر تنش‌های شوری در گیاهان وجود دارد (۴، ۱۱، ۲۸). سیلیس در گیاهان به صورت اسید سیلیسیک ($Si(OH)_4$) منتقل می‌شود (۱۰). تیمار سیلیس سبب افزایش تحمل گیاهان در برابر تنش‌های مختلف از جمله شوری، گرما و خشکی می‌شود (۱۰، ۲۰، ۲۱). با توجه به اثرات مثبت سیلیس در افزایش تحمل به تنش شوری در گیاهان، در مطالعه حاضر به بررسی واکنش‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه تربچه به برهم‌کنش تیمار کود سیلیس و تنش شوری ناشی از کلرید سدیم پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

بذر تربچه (*Raphanus sativus* L.) از فروشگاه معتبر بذر تهیه شد. مطالعه حاضر به صورت گلدانی طبق طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در اسفندماه سال ۱۴۰۰ در محیط باز در شهرستان بهبهان واقع در جنوب شرقی استان خوزستان انجام شد. آزمایش در گلدان‌های پلاستیکی کوچک با استفاده از خاک باغی و خاک‌برگ

(نسبت ۱:۳) انجام گرفت. ابتدا بذور در گلدان‌های پلاستیکی به نحوی کشت گردید که در نهایت در هر گلدان یک گیاه وجود داشت. فاکتورهای آزمایش شامل تیمار شوری با نمک کلرید سدیم در دو سطح (صفر و ۲۰۰ میلی‌مولار) و کود سیلیس در دو سطح (صفر و دو گرم در لیتر مطابق با توصیه ی مصرف بر روی پاکت کود) بود. برای تیمار گیاه با کود سیلیس بعد از رشد گیاهچه‌ها و در مرحله چهار برگ حقیقی، تیمار گلدان‌ها با کود سیلیس (صفر و دو گرم در لیتر) در چهار مرحله همراه با آب آبیاری در یک بازه‌ی زمانی پنج روزه انجام شد و بعد از آن طی یک دوره‌ی ۱۸ روزه، هشت مرحله اعمال تیمار شوری برای گلدان‌های دارای تنش شوری به صورت آبیاری با آب شور ۲۰۰ میلی مولار و همزمان آبیاری گدان‌های دارای آبیاری معمولی (کنترل) اعمال گردید. بعد از آبیاری گلدان‌ها با آب شور ناشی از کلرید سدیم به مدت ۱۸ روز، صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهان اندازه‌گیری شد.

دستگاه کلروفیل‌متر قابل حمل (CCM -200 plus Opti-sciences, Tyngsboro, Massachusetts, USA) برای تعیین میزان کلروفیل کل (عدد SPAD) استفاده شد. دستگاه کلروفیل فلوریمتر (Hansatech Poket PEA, England) برای اندازه‌گیری شاخص‌های F_v/F_m و PI_{ABS} استفاده شد (۱۴). طول ریشه اصلی به وسیله خط‌کش و از محل اتصال بخش هوایی به ریشه تا انتهای ریشه و ارتفاع گیاه به وسیله خط‌کش و از سطح خاک تا انتهای گیاه اندازه‌گیری شد. محاسبه‌های آماری به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری $p \leq ۰/۰۵$ انجام گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داد ه‌ها، بین سطوح تنش شوری از لحاظ اثر بر صفات ارتفاع گیاه، شاخص فتوسنتزی و عدد کلروفیل‌متر در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر حاکی از اثر منفی تنش شوری بر گیاه تربچه بود که با گزارشات قبلی مبنی بر کاهش عملکرد این گیاه در پاسخ به تنش شوری مطابقت داشت (۱، ۳). اختلاف بین سطوح کود سیلیس از لحاظ اثر برصفت میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو در سطح احتمال پنج درصد و بر شاخص فتوسنتزی و عدد کلروفیل‌متر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برهم‌کنش شوری در کود سیلیس نیز بر میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو و شاخص فتوسنتزی در سطح احتمال یک درصد و بر عدد کلروفیل‌متر در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

طول ریشه اصلی در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در مقایسه با تیمار شاهد کاهش یافت به طوری که طول ریشه اصلی در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار ۴/۸۳ سانتی‌متر در مقایسه با ۵/۲۸ سانتی‌متر تیمار شاهد بود که کاهش ۸/۵۲ درصدی را نشان داد (جدول ۲). کاربرد کود سیلیس در مقایسه با عدم کاربرد آن اختلاف معنی‌داری بر روی طول ریشه اصلی تربچه نداشت (جدول ۲). بوخات و همکاران (۹) طی مطالعه‌ای اعلام نمودند که تنش شوری در گیاه تربچه سبب کاهش میزان رشد گیاه می‌شود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطح شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در مقایسه با تیمار شاهد ارتفاع گیاه را ۲۰/۲۵ درصد کاهش داد (۱۰/۸۳ سانتی‌متر در تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار در مقایسه با ۱۳/۵۸ سانتی‌متر در شرایط عدم شوری). همچنین کاربرد دو گرم در لیتر کود سیلیس در مقایسه با عدم کاربد آن اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه نداشت (جدول ۲). با افزایش شوری و کاهش جذب آب، ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها کمتر شده و رشد گیاه متوقف می‌گردد برخی محققان طی مطالعاتی نشان دادند که کاهش میزان رشد گیاه تحت

تنش شوری می‌تواند به دلایلی چون سمیت نمک همراه با جذب زیادی یونهایی مثل سدیم و کلر، اختلال در جذب و انتقال یونهایی مانند پتاسیم و کلسیم، مهار تقسیم و گسترش سلولی و یا حتی مرگ سلولی، کمبود آب و یا عدم تعادل مواد غذایی دخالت در فرایندهای طبیعی سلول به‌ویژه فرایندهای دخیل در تولید انرژی و تنفس باشد (۳۰). مطالعات بر گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد که تنش شوری باعث با افزایش میزان اتیلن سبب کاهش ارتفاع گیاه شد که با نتایج مطالعه حاضر همسو بود (30).

جدول ۱ - تجزیه واریانس اثر تنش شوری توسط کلرید سدیم و کود سیلیس بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تربچه

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو	شاخص فتوسنتزی	عدد کلروفیل- متر
شوری	۱	۰/۶۰ ns	۲۲/۶۸**	۰/۰۰۸ns	۰/۴۳ **	۵۷/۸۶**
سیلیس	۱	۰/۱۴ns	۳/۵۲ ns	۰/۰۱۴*	۰/۳۹**	۴۹/۰۰۵**
شوری × سیلیس	۱	۰/۶۰ ns	۰/۱۸ ns	۰/۰۲۶**	۰/۲۹ **	۲۰/۱۵*
خطا	۸	۰/۶۵	۰/۹۷	۰/۰۰۲	۰/۰۱۷	۳/۶۹
ضریب تغییرات	-	۱۶/۰۵	۸/۱۰	۷/۲۵	۱۴/۹۰	۱۹/۳۹

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری درسطح ۵ و ۱درصد

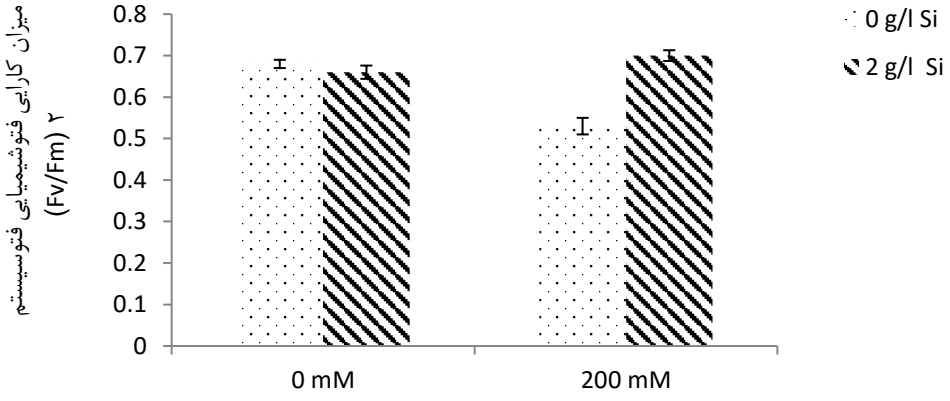
جدول ۲ - مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش شوری توسط کلرید سدیم و کود سیلیس بر برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی تربچه

تیمار	طول ریشه (سانتی‌متر)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو	شاخص فتوسنتزی	عدد کلروفیل‌متر
شوری (میلی‌مولار)					
آب مقطر	۵/۲۸a	۱۳/۵۸a	۰/۶۷a	۷۰۷a	۱۲/۱۰a
۲۰۰	۴/۸۳a	۱۰/۸۳b	۰/۶۱a	۰/۶۹b	۷/۷۱b
سیلیس (گرم در لیتر)					
۰	۵/۱۶a	۱۲/۷۵a	۰/۶۱b	۰/۷۰b	۷/۸۹b

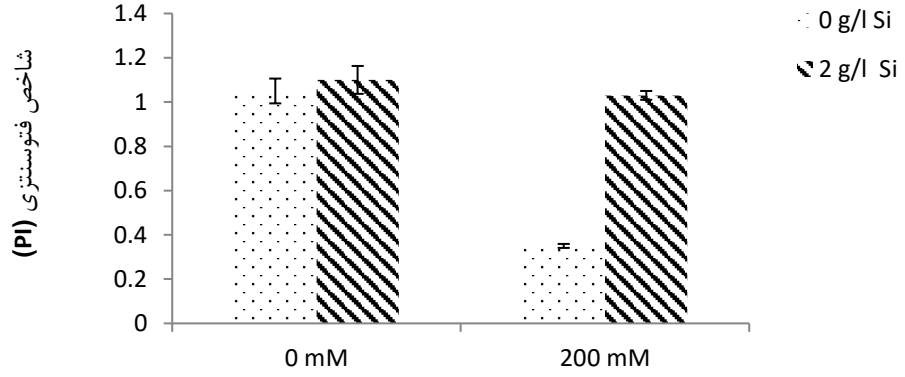
حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که کاربرد کود سیلیس دو گرم در لیتر در سطح معنی‌داری (پنج درصد) سبب کاهش اثرات مضر شوری بر میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (F_v/F_m) شد (جدول ۱). برهم‌کنش تنش شوری در کود سیلیس نشان داد که در تیمار تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار، کاربرد کود سیلیس دو گرم در لیتر در مقایسه با عدم کاربرد آن، میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (F_v/F_m) را ۲۴/۲۸ درصد افزایش داد که در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (نمودار ۱). همچنین نتایج نشان داد که کاربرد کود سیلیس دو گرم در لیتر اثرات مضر شوری بر شاخص فتوسنتزی (PI_{ABS}) را نیز کاهش داد (جدول ۱). نمودار برهم‌کنش تنش شوری در کود سیلیس نشان داد که در شرایط شوری ۲۰۰ میلی‌مولار، میزان شاخص فتوسنتزی (PI_{ABS}) در موقع کاربرد کود سیلیس ۱/۰۳ در مقایسه با ۰/۳۵ عدم کاربردکود بود (نمودار ۲). زمانی که گیاهان در معرض تنش قرار می‌گیرند، میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (F_v/F_m) به‌منظور ایجاد تعادل بین میزان انتقال الکترون فتوسنتزی و متابولیسم کربن کاهش می‌یابد (۱۸). همچنین گزارش‌هایی مبنی بر عملکرد بهتر فتوسیستم‌ها در گیاهان تیمار شده با سیلیس در شرایط تنش وجود دارد (۲۷، ۳۳) که با نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر مطابقت دارد، زیرا میزان F_v/F_m و PI_{ABS} در تنش شوری توأم با سیلیس بیشتر از تنش شوری بدون تیمار سیلیس بود. کاهش مشاهده‌شده در شاخص‌های F_v/F_m و PI_{ABS} در گیاه تربچه آبیاری شده با کلریدسدیم، نشاندهنده‌ی اثرات منفی تنش شوری بر فتوسنتز گیاه است. در گیاهان آبیاری‌شده با کلریدسدیم رابطه مستقیمی بین کاهش شاخص‌های فلورسانس و میزان کلروفیل‌ها مشاهده شد. نتایج نشان داد که آبیاری گیاهان تربچه با غلظت بالای کلریدسدیم سبب کاهش توأم میزان کلروفیل‌ها و بازده کوانتومی فتوسیستم‌ها شد. تنش شوری سبب کاهش بازدهی فلورسانس کلروفیل‌ها به‌دلیل کاهش انتقال الکترون در فتوسیستم-ها می‌شود (۲۴).

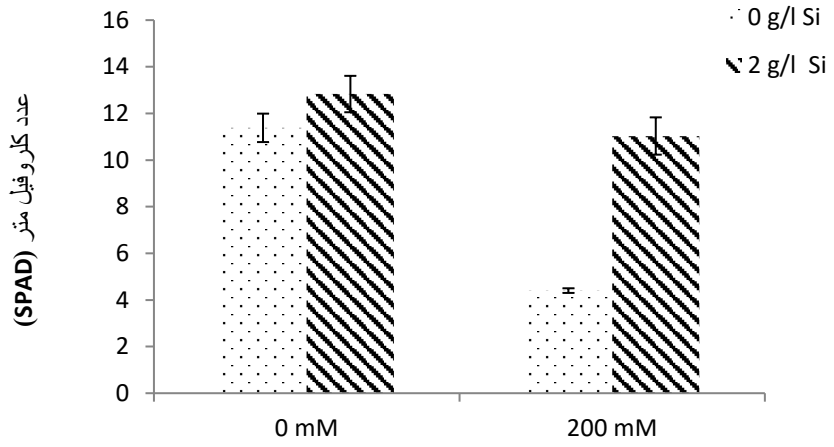
نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که برهم‌کنش تنش شوری در کود سیلیس در سطح پنج درصد بر عدد کلروفیل‌متر (SPAD) معنی‌دار بود (جدول ۱). همچنین نمودار برهم‌کنش تنش شوری در کود سیلیس نشان داد که هم در شرایط عدم تنش و نیز در شرایط تنش شوری ۲۰۰ میلی‌مولار، کاربرد کود سیلیس در مقایسه با عدم کاربرد آن تفاوت معنی‌داری بر عدد کلروفیل‌متر (SPAD) داشت به طوری که در شوری ۲۰۰ میلی‌مولار و کاربرد کود سیلیس عدد کلروفیل‌متر (SPAD) ۱۱/۰۳، در صورتی‌که در شرایط عدم کاربرد کود سیلیس در تنش شوری عدد کلروفیل‌متر (SPAD) ۴/۴ بود. در شرایط شوری صفر نیز کاربرد کود سیلیس در مقایسه با عدم کاربرد آن عدد کلروفیل‌متر (SPAD) را افزایش داد (نمودار ۳). حدود ده درصد وزن خشک کلروپلاست‌ها را کلروفیل تشکیل می‌دهد. اگر گیاه تحت تأثیر تنش‌های محیطی مانند شوری قرار بگیرد، تغییرات ایجاد شده در مقدار کلروفیل برگ به دلیل سنتز آنتوسیانین‌های تولید شده بسیار متفاوت از شرایط بدون تنش خواهد بود (۱۶). در این مطالعه تیمار کود سیلیس سبب کاهش اثرات مضر تنش شوری بر روی میزان کلروفیل‌ها در گیاه تربچه شد که با مطالعات ژانگ و همکاران (۳۳) بر روی گیاه گوجه فرنگی مطابقت داشت.



شکل ۱- برهمکنش تنش شوری و کود سیلیس بر میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (F_v/F_m)



شکل ۲- برهمکنش تنش شوری و کود سیلیس بر شاخص فتوسنتزی (PI_{ABS})



شکل ۳- برهمکنش تنش شوری و کود سیلیس بر عدد کلروفیل‌متر (SPAD)

نتایج جدول همبستگی بین صفات مورد بررسی (جدول ۳) نشان داد صفت طول ریشه با صفت ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. بین صفات شاخص فتوسنتزی و میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (F_v/F_m) همبستگی مثبت و معنی‌دار دیده شد. صفت عدد کلروفیل‌متر (SPAD) با صفات میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (F_v/F_m) و شاخص فتوسنتزی همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد اما با صفات طول ریشه و ارتفاع گیاه همبستگی منفی داشت.

جدول ۳- همبستگی بین صفات در گیاه تربچه

	صفات	۱	۲	۳	۴
۱	ارتفاع گیاه	۰/۵۹۴*			
۲	میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو	-۰/۴۲۲ns	۰/۰۸۰ns		
۳	شاخص فتوسنتزی	-۰/۱۲۱ns	۰/۳۳۱ns	۰/۸۴۲**	
۴	عدد کلروفیل متر	-۰/۲۹۴ns	۰/۱۱۱ns	۰/۷۴۸**	۰/۸۲۱**

ns، * و **: به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری درسطح احتمال پنج و یک درصد

نتیجه‌گیری کلی

بررسی اثرات تیمار کود سیلیس در گیاه تربچه تحت تنش شوری نشان‌دهنده‌ی بهبود صفاتی مانند طول ریشه، ارتفاع گیاه، میزان کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم دو (F_v/F_m)، شاخص فتوسنتزی و عدد کلروفیل‌متر (SPAD) و در نتیجه افزایش تحمل گیاه به شوری بالا بود. نتایج این مطالعه شرایط را برای تحقیقات بیشتر در زمینه استفاده از کود سیلیس به عنوان یک عنصر سازگار به محیط زیست به‌منظور افزایش تحمل انواع گیاهان به تنش شوری فراهم نمود. باید مطالعات بیشتری در ارتباط با واکنش‌های گیاه در سطح مولکولی به تنش شوری و کاربرد کود سیلیس انجام داد تا بتوان به نتایج قطعی‌تری دست یافت.

منابع

۱. قنبری، مژگان.، جوانمردی، شورانگیز.، افتخاریان جهرمی، علیرضا. و فرزانه، محسن،۱۳۹۰. بررسی جوانه زنی بذر تربچه (**Raphanus sativus**) در شرایط تنش شوری. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی،ساوه.

۲. کرمی، لیلا. و محمودی، رضا. ۱۳۹۶. نقش سیلیس در گیاهان تحت تنش شوری. پنجمین کنگره ملی زیست شناسی و علوم طبیعی ایران،تهران.

۳. محمدزاده توتونچی، پیمان. و امیرنیا، رضا.۱۳۹۲. بررسی اثرات تنش شوری بر جوانه زنی و رشد گیاهچه تربچه (***Raphanus sativus* L.**). اولین همایش ملی علوم کشاورزی با تاکید بر تنش های غیرزیستی،نقده.

4. Abdelaal, K.A., Mazrou, Y.S. and Hafez, Y.M. 2020. Silicon foliar application mitigates salt stress in sweet pepper plants by enhancing water status, photosynthesis, antioxidant enzyme activity and fruit yield. Plants, 9 (6): 733.

5. Ahmed, H.A.A., Koçak Şahin., N., Akdoğan, G., Yaman, C., Köm, D. and Uranbey, S. 2020. Variability in salinity stress tolerance of potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties using in vitro screening. Ciência e Agrotecnologia, 44: 1-14.

6. Bacarin, M. A., Falqueto, A. R., Moraes, C. L., Marini, P. and Löwe, T. R. 2007. Plant growth and leaf photosynthesis in radish plants under NaCl stress. Revista Brasileira de Agrociencia, 13: 473-479.

7. Baenas, N., Piegholdt, S., Schloesser, A., Moreno, D., Garcia-Viguera, C., Rimbach, G. and Wagner, A. 2016. Metabolic activity of radish sprouts derived isothiocyanates in drosophila melanogaster. International Journal of Molecular Sciences, 17: 1-10.

8. Banihani, S. A. 2017. Radish (*Raphanus sativus*) and Diabetes. Nutrients, 9: 1-9

9. Bukhat, S., Manzoor, H., Athar, H. U. R., Zafar, Z. U., Azeem, F. and Rasoul, S. 2020. Salicylic acid induced photosynthetic adaptability of *Raphanus sativus* to salt stress is associated with antioxidant capacity. Journal of Plant Growth Regulation, 39: 809-822.

10. Debona, D., Rodrigues, F. A. and Datnoff, L. E. 2017. Silicon's role in abiotic and biotic plant stresses. Annual Review of Phytopathology, 55: 85-107.
11. Hurtado, A. C., Chiconato, D. A., Prado, R. de M., Sousa Junior, G. da S., Gratao, P. L., Felisberto, G. and Mathias dos Santos, D. M. 2020. Different methods of silicon application attenuate salt stress in sorghum and sunflower by modifying the antioxidative defense mechanism. Ecotoxicology and Environmental Safety, 203: 110964-110975.
12. Ibrahimova, U., Kumari, P., Yadav, S., Rastogi, A., Antala, M., Suleymanova, Z., Zivcak, M., Tahjib-Ul-Arif, M., Hussain, S. and Abdelhamid, M. 2021. Progress in understanding salt stress response in plants using biotechnological tools. Journal of Biotechnology, 329: 180-191.
13. Ishida, M., Kakizaki, T., Morimitsu, Y., Ohara, T., Hatakeyama, K., Yoshiaki, H. and Nishio, T. 2015. Novel glucosinolate composition lacking 4-methylthio-3-butenyl glucosinolate in Japanese white radish (*Raphanus sativus* L.). Theoretical and Applied Genetics, 128: 2037-2046.
14. Kalaji, H. M., Govindjee, B., Bosac, K., Koscielniakd, J. and Zuk-Gołaszewskae, K. 2011. Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO_2 assimilation of two syrian barley landraces. Environmental and Experimental Botany, 73: 64–72.
15. Khattak, K. F. 2011. Nutrient composition, phenolic content and free radical scavenging activity of some uncommon vegetables of Pakistan. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences, 24: 277-283.
16. Hajihashemi, S., Jahantigh, O. and Alboghobeish, S. 2022. The redox status of salinity-stressed Chenopodium quinoa under salicylic acid and sodium nitroprusside treatments**.** Frontiers in Plant Science, 13: 1030938.
17. Kopittke, P.M., Menzies, N.W., Wang, P., McKenna, B.A. and Lombi, E. 2019. Soil and the intensification of agriculture for global food security. Environment International, 132: 105078.
18. Krause, G. and Weis, E. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. Annual Review of Plant Biology, 42: 313-349.
19. Liang, Y., Sun, W., Zhu, Y.G. and Christie, P. 2007. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review. Environmental Pollution, 147: 422-428.
20. Liu, B., Soundararajan, P. and Manivannan, A. 2019. Mechanisms of silicon-mediated amelioration of salt stress in plants. Plants, 8: 307.
21. Luyckx, M., Hausman, J. F., Lutts, S. and Guerriero, G. 2017b. Silicon and plants: Current knowledge and technological perspectives. Frontiers in Plant Science, 8: 411.
22. Malik, M. S., Riley, M. B., Norsworthy, J. K. and Bridges, J. W. 2010. Variation of glucosinolates in wild radish (*Raphanus raphanistrum*) accessions. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58: 11626-11632.
23. Mann, J. F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. Soil Science and Plant Nutrition, 50: 11-18.

24. Mehta, P., Jajoo, A., Mathur, S. and Bharti, S. 2010. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. Plant Physiology and Biochemistry, 48: 16-20.
25. Nakamura, Y., Nakamura, K., Asai, Y., Wada, T., Tanaka, K., Matsuo, T., Okamoto, S., Meijer, J., Kitamura, Y., Nishikawa, A., Park, E.Y., Sato, K. and Ohtsuki, K. 2008. Comparison of the glucosinolate− myrosinase systems among daikon (*Raphanus sativus*, Japanese white radish) varieties. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56: 2702-2707.
26. Pawlik, A., Wala M., Hac, A., Felczykowska, A. and Herman-Antosiewicz, A. 2017. Sulforaphene, an isothiocyanate present in radish plants, inhibits proliferation of human breast cancer cells. Phytomedicine, 29: 1-10.
27. Rastogi, A., Tripathi, D. K., Yadav, S., Chauhan, D. K., Zivcak, M., Ghorbanpour, M., El-Sheery, N. I. and Brestic, M. 2019. Application of silicon nanoparticles in agriculture. 3 Biotech, 9: 1-11.
28. Rizwan, M., Ali, S., Ibrahim, M., Farid, M., Adrees, M., Bharwana, S.A., Zia-ur-Rehman, M., Qayyum, M.F. and Abbas, F. 2015. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of drought and salt stress in plants: A review. Environmental Science and Pollution Research, 22: 15416-15431.
29. Sajjad, M., Siddiqi, E. H., Bhatti, K. H., Nawaz, K., Hussain, K., Talat, A., Anwar, S., Munir, M. and Afzal, A. 2013. Foliar application of salicylic acid as potent inducer of salt tolerance in radish (*Raphanus sativus* L.). Middle East Journal of Scientific Research, 14:1098-1102.
30. Shibli, R.A., Kushad, M., Yousef, G. G. and Lila, M. 2007. Physiological and biochemical responses of tomato micro shoots to induced salinity stress with associated ethylene accumulation. Plant Growth Regulation, 51: 159-169.
31. Singh, S., Kumari, R., Agrawal, M. and Bhushan, A. S. 2012. Differential Response of Radish Plant to Supplemental Ultraviolet-B Radiation under Varying NPK Levels: Chlorophyll Fluorescence, Gas Exchange and Antioxidants. Physiologia Plantarum, 145:474-484.
32. Steinbrecher, A., Nimptsch, K., Husing, A., Rohrmann, S. and Linseisen, J. 2009. Dietary glucosinolate intake and risk of prostate cancer in the EPIC-Heidelberg cohort study. International Journal of Cancer, 125: 2179-2186.
۳۳. Zhang, Y., Yu, S., Gong, H. J., Zhao, H.L., Li, H. L., Hu, Y. H. and Wang, Y. C. 2018b. Beneficial effects of silicon on photosynthesis of tomato seedlings under water stress. Journal of Integrative Agriculture, 17: 2151-2159.

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

The effects of feeding by silica on the reduction of stress caused by salinity in radish plant

Ebrahim Fani[1*], Shokoofeh Hajihashemi[2]

1.Assistant Professor of Biology Department, Faculty of Basic Science, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran
2.Assistant Professor of Biology Department, Faculty of Basic Science, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

*Corresponding author; Email: ebrahim_710@yahoo.com
(Received: December 5, 2023; Accepted: March 18, 2024)

Abstract

The large extent of saline lands in the world and the increasing demand for food have necessitated the importance of using appropriate strategies to increase the tolerance of plants to salinity for their cultivation in saline areas. To investigate the effect of silica fertilizer on reducing the harmful effects of salt treatment on radish plant, a pot experiment was designed in a completely randomized design with three replications in Behbahan City in 2021. The treatments included salinity stress at two levels (zero and 200 mM sodium chloride) and silica fertilizer at two levels (zero and 2 g per liter). The results showed that salinity stress caused a significant decrease in the photochemical efficiency of photosystem 2 (F_v/F_m), photosynthetic index (PI_{ABS}), and chlorophyll meter number (SPAD) as well as a decrease in root length and plant height. In contrast, silica fertilizer treatment caused a reduction in the harmful effects of salinity stress on them. Based on the correlation results between the traits, a positive and significant correlation was seen between the chlorophyll meter number (SPAD) traits the photosynthetic index, and the photochemical efficiency of photosystem 2 (F_v/F_m). According to the results of the present study, the application of silica fertilizer under salinity stress conditions with a positive effect on the photochemical efficiency of photosystem 2 (F_v/F_m), photosynthetic index, and chlorophyll meter number (SPAD), decreases the harmful effects of salinity stress on radish plants.

Keywords: Photochemical efficiency of photosystem 2, Photosynthetic index, Plant height

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.

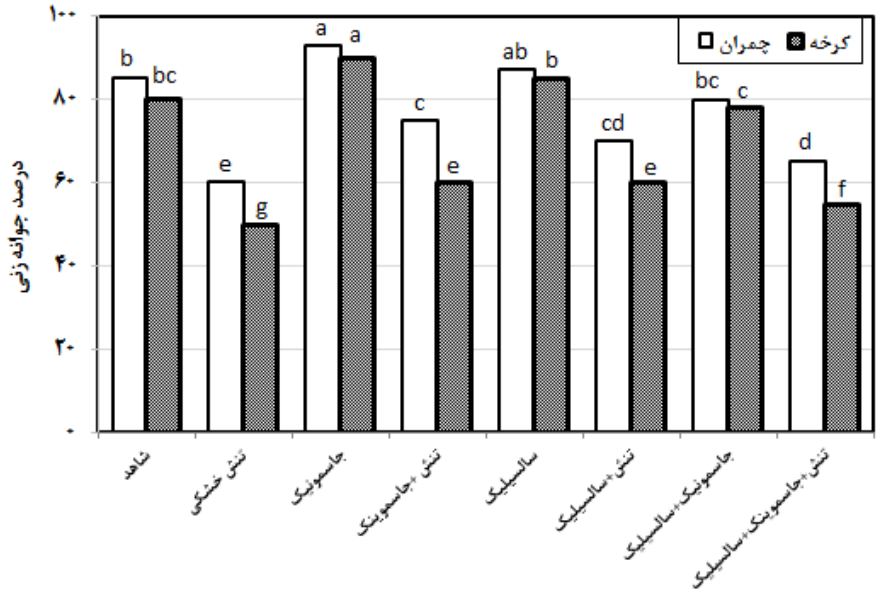
جدول ۱- تجزیه واریانس میانگین مربعات تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد بررسی

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

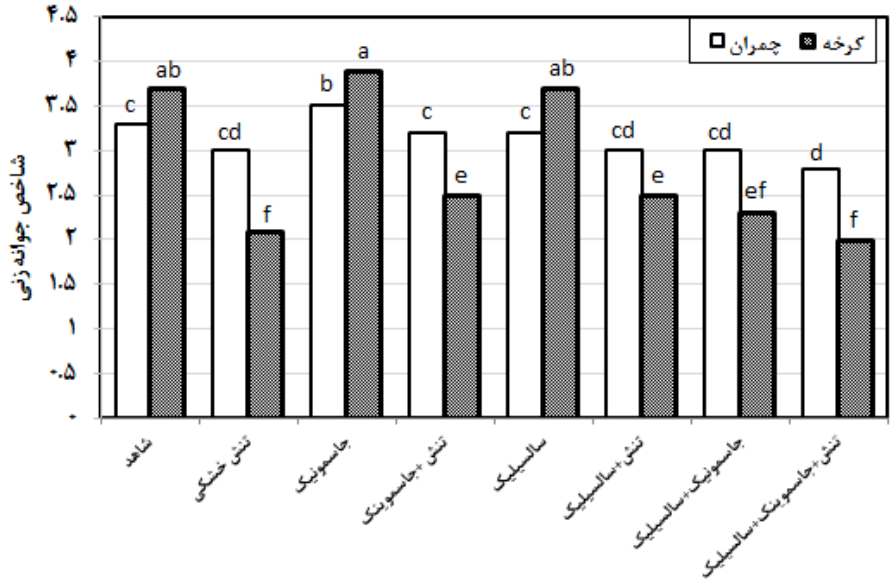
نتایج معنی دار شده در سطح ۵ درصد این مطالعه نشان داد که جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی نسبت به شاهد کاهش داشت (۵۵٪ به ۸۳٪) و این کاهش در رقم کرخه حدوداً ۸٪ افت بیشتری را نسبت به رقم چمران نشان داد (شکل ۱). با کاربرد هورمون در شرایط تنش خشکی حدود ۲۲/۵٪ از سطح اثر تنش خشکی بهبود یافت ولی این بهبودی به اندازه 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

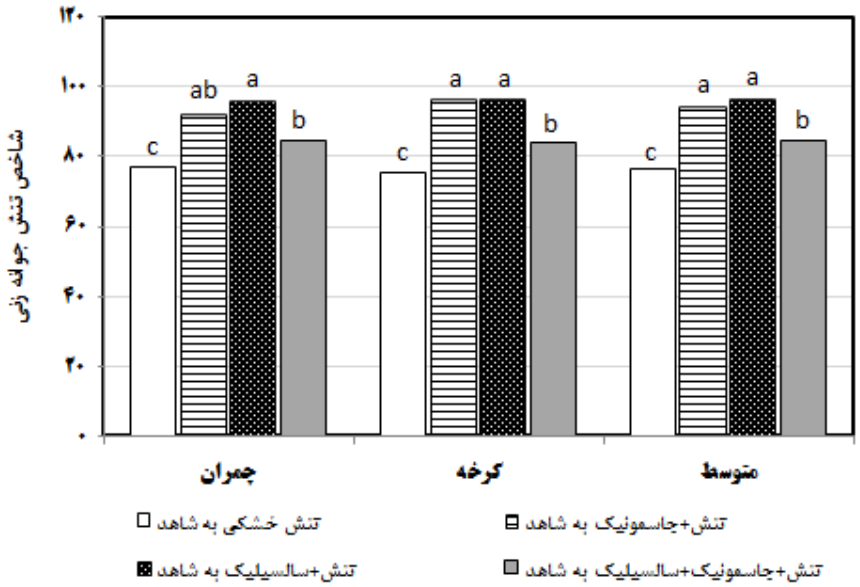
یکی از شاخص‌های اندازه گیری کیفیت بذور ارقام، سرعت جوانه‌زنی است. هرچه ارقام بتوانند در مدت زمان کمتری، درصد جوانه‌زنی بیشتری داشته باشند یا به عبارتی از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار باشند، دارای قدرت بذر بالاتری برای جوانه‌زنی هستند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کاربرد هورمون‌ها بصورت انفرادی 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

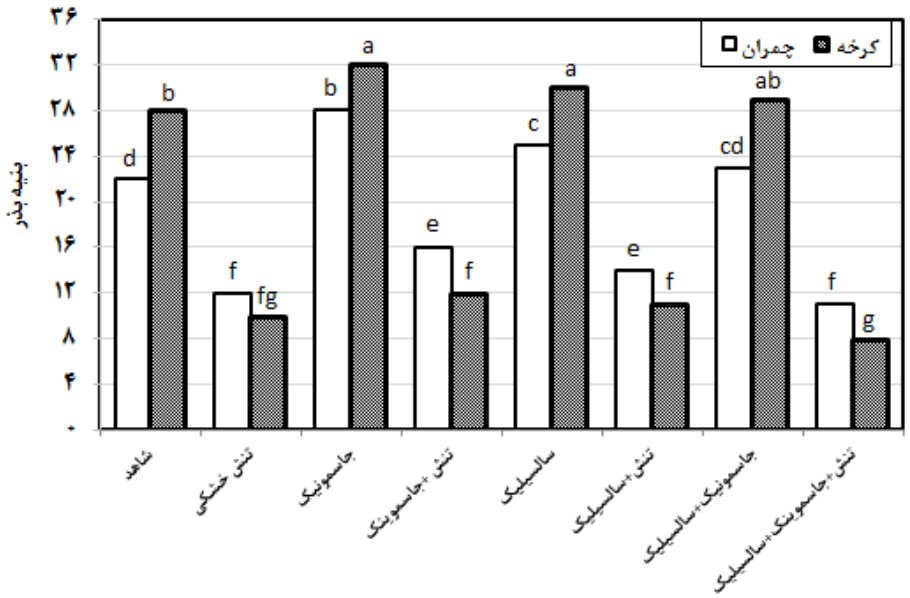
بررسی‌ها نشان می‌دهد که درصد جوانه‌زنی به تنهایی نمی‌تواند تمامی جنبه‌های جوانه‌زنی در شرایط مختلف را مشخص کند فلذا بررسی صفاتی همچون شاخص تنش جوانه‌زنی در شرایط خاص ضروری به نظر می‌رسد (۱). نتایج این مطالعه نشان داد که بین تیمارها از نظر شاخص تنش جوانه‌زنی تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد وجود داشت. نتایج 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

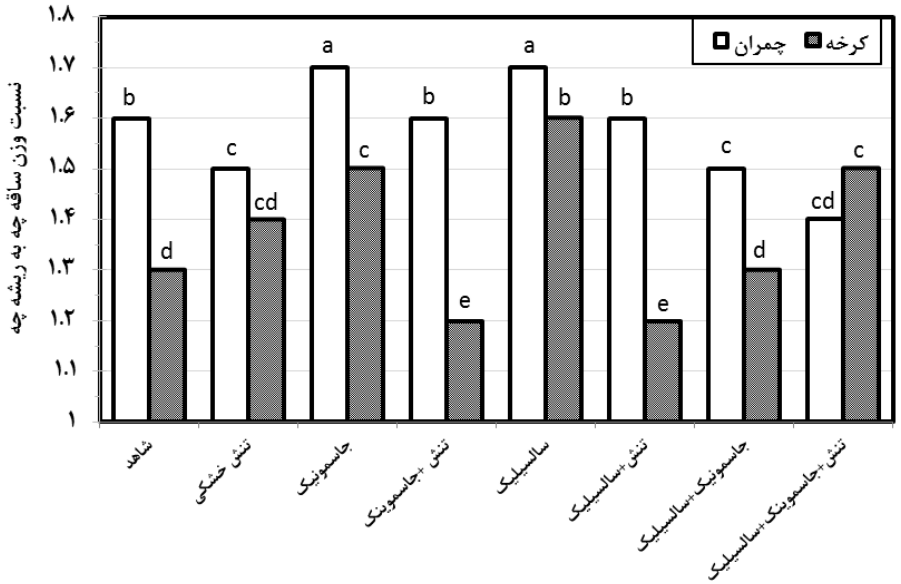
پاسخ ارقام مختلف به تنش خشکی می‌تواند به دلیل عوامل مختلفی از جمله جذب کم‌تر آب در ارقام حساس، اندازه بذور و احتمالاً ویژگی‌های پوشش سطحی بذر باشد (۲۰). عوامل مذکور نهایتاً در بنیه یا قدرت بذر در گذر از شرایط تنش نشان داده می‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد که در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار بین تیمارها 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

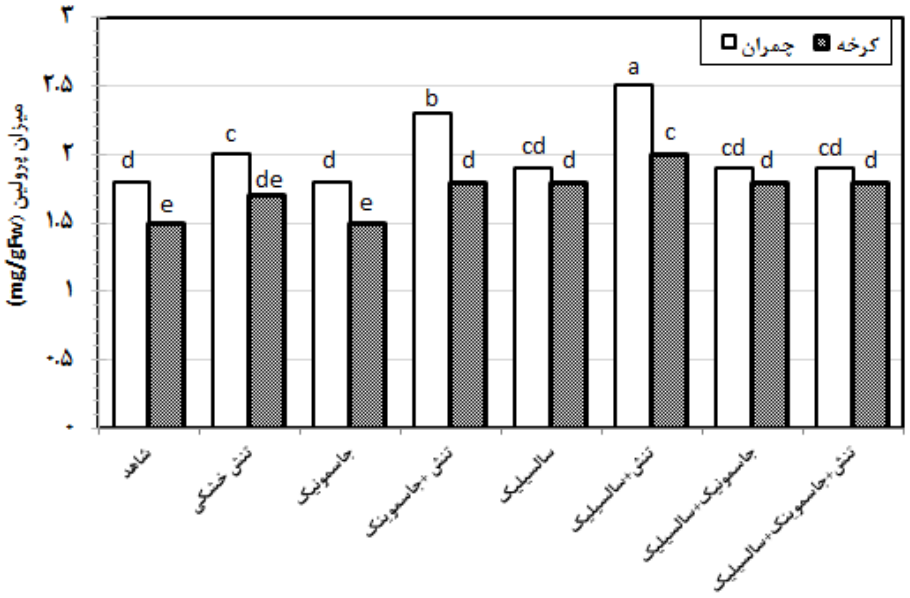
نتایج این مطالعه حاکی از یکنواختی بهتر صفت جوانه زنی (خروج ریشه چه و ساقه چه) در شرایط تنش خشکی نسبت به عدم آن بود که منطبق با نتایج جعفرنژاد و همکاران (۲) بود. ایشان بهتر بودن بنیه بذور قابل جوانه زنی در شرایط تنش را دلیل این امر می‌دانند. جوانه‌زنی صفتی است که با ظهور ریشه چه مرتبط می‌باشد و قبل از 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