

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک

تأثیر هورمون اسید جیبرلیک و اسید آبسازیک بر
خصوصیات کمی و کیفی گندم تحت تنش کم آبیاری

نگارنده: الهام مزرعه شاهی

استاد راهنما

دکتر محمدرضا عامریان

استاد مشاور

دکتر محمدامین ابراهیمی

بهمن ۱۳۹۹

سپاسگزاری

حمد و سپاس پروردگار مهربان، آن خدای بلند مرتبه و بزرگ که به من آموخت انگیزه و به تحصیل علم راهنمایی ام کرد. از اساتید عزیز و گرانقدرم جناب آقای دکتر محمدرضا عامریان (استاد راهنما) و جناب آقای دکتر محمدامین ابراهیمی (استاد مشاور) که مشفقانه شجره این پژوهش را از سرچشمه زلال دانش خویش سیراب ساختند و با راهنمایی های ظریف و عالمانه خود یاری ام دادند، عمیقاً سپاسگزاری می نمایم.

از پدر و مادر عزیزم که شمع وجودشان روشنگر مسیر زندگی ام بوده است، صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم و در برابر صلابت و وجود پرمهرشان سر تعظیم فرود می آورم و همیشه به وجودشان افتخار می نمایم.

تقدیم اثر

به چهارده ستاره منور آسمان هدایت که شمع وجوشان روشنگر مسیر پرفراز و نشیب زندگی مان است و تقدیم به حضرت فاطمه معصومه (س) که سالیان متوالی در جوار الطاف و عنایت خاصه ایشان زندگی کرده ایم و از برکت وجود مهرشان جان را صفا داده ایم.

به روح پاک و مطهرشان درود

تعهد نامه

اینجانب الهام مزرعه شاهی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته کشاورزی اکولوژیک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، نویسنده پایان نامه تأثیر هورمون اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک بر خصوصیات کمی و کیفی گندم تحت تنش کم آبیاری تحت راهنمایی دکتر محمدرضا عامریان متعهد می شوم:

* تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است.

* در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.

* مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچگونه مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.

* کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.

* حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.

* در کلیه مراحل انجام این پایان نامه در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا از آن استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ :

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

* کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و ...) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد.

* استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر منبع مجاز نمی باشد.

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر اسید آبسازیک (ABA) و اسید جیبرلیک (GA) بر ویژگی‌های کمی و کیفی گندم نان تحت شرایط قطع آبیاری، در سال زراعی ۹۷-۹۸ در شهرستان شاهرود انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل سه سطح آبیاری در کرت‌های اصلی شامل آبیاری نرمال، قطع یک دوره آبیاری در مراحل ۵۰ درصد گلدهی و ۵۰ درصد پر شدن دانه و دو سطح اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک در کرت‌های فرعی (صفر و ۱۰۰ ppm) بودند. نتایج نشان داد که برهمکنش تنش خشکی، اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک بر صفات مورفولوژیکی، عملکردی و فیزیولوژیکی گندم معنی‌دار بود. تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، محتوی کلروفیل و افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز، کاتالاز و محتوی مالون‌دی‌آلدهید گردید. کاربرد سطوح مختلف اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک و همچنین استفاده همزمان آن‌ها، اثرات کاملاً متفاوتی بر صفات ارزیابی شده داشتند. در بیشتر موارد، کاربرد اسید جیبرلیک و یا کاربرد همزمان اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک منجر به کاهش یا تعدیل اثرات سوء تنش کم آبیاری در گندم گردید به طوری که جیبرلیک اسید میزان عملکرد دانه را هم در زمان تنش و هم در زمان آبیاری نرمال مزرعه حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش داد. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که گندم در مرحله رشدی ۵۰ درصد پر شدن دانه در مقایسه با مرحله ۵۰ درصد گلدهی نسبت به تنش کم آبیاری حساسیت کمتری دارد، به‌طوری‌که در صورت مواجهه با محدودیت آبی قادر خواهیم بود تا با کاربرد اسید جیبرلیک و یا کاربرد همزمان اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک مانع از بروز اثرات منفی تنش کم آبیاری شویم.

کلمات کلیدی: آبیاری، عملکرد، قطع آبیاری، کلروفیل، هورمون

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه و کلیات.....	۱
مقدمه.....	۲
۱-۱ سطح زیر کشت و میزان تولید گندم.....	۳
۱-۲-۱ گندم و اهمیت اقتصادی آن.....	۳
۱-۳-۱ خصوصیات گیاهشناسی و زراعی گندم.....	۴
۱-۴-۱ اثر تنش کمآبی در مراحل مختلف نمو گندم.....	۶
۱-۵-۱ تنظیمکنندههای رشد (Plant Growth Regulators).....	۶
۱-۵-۱-۱ جیبرلین.....	۸
۱-۵-۱-۲ اسیدآبسیزیک.....	۹
فصل دوم مروری بر منابع.....	۱۱
۱-۲-۱ اثر تنش خشکی بر صفات کمی و کیفی.....	۱۲
۱-۲-۲ اثر اسید جیبرلیک بر صفات کمی و کیفی.....	۱۵
۱-۲-۳ اثر اسید آبسیزیک بر صفات کمی و کیفی.....	۱۶
فصل سوم مواد و روشها.....	۱۹
۱-۳-۱ مکان و زمان انجام پژوهش.....	۲۰
۱-۳-۲ خصوصیات مزرعه آزمایشی.....	۲۰
۱-۳-۳ طرح آزمایشی و تیمارها.....	۲۱
۱-۳-۴ روش انجام کار.....	۲۱
۱-۳-۵ نمونهبرداری.....	۲۲
۱-۳-۶ صفات مورد ارزیابی.....	۲۲
۱-۳-۶-۱ ارزیابی صفات مورفولوژیکی.....	۲۲
۱-۳-۶-۲ ارزیابی اجزای عملکرد.....	۲۳
۱-۳-۶-۳ ارزیابی صفات بیوشیمیایی.....	۲۳
۱-۳-۶-۳-۱ پرولین.....	۲۳
۱-۳-۶-۳-۲ مالوندیآلدئید.....	۲۴
۱-۳-۶-۳-۳ میزان کلروفیل.....	۲۵
۱-۳-۶-۳-۴ پروتئین محلول در برگ.....	۲۶
۱-۳-۶-۳-۵ کاتالاز.....	۲۶
۱-۳-۶-۳-۶ آسکوربات پراکسیداز.....	۲۶
۱-۳-۶-۳-۷ گایاکول پراکسیداز.....	۲۷
۱-۳-۷ تجزیه و تحلیل آماری.....	۲۷

فصل چهارم نتایج و بحث	۲۹
۴-۱- صفات مورفولوژیکی	۳۰
۴-۱-۱- ارتفاع بوته	۳۰
۴-۱-۲- طول سنبله	۳۱
۴-۲- اجزای عملکرد گندم	۳۳
۴-۲-۱- تعداد دانه در سنبله	۳۳
۴-۲-۲- وزن هزار دانه	۳۴
۴-۲-۳- عملکرد دانه	۳۶
۴-۲-۴- عملکرد بیولوژیکی	۳۸
۴-۲-۵- شاخص برداشت	۳۹
۴-۳- صفات فیزیولوژیکی	۴۱
۴-۳-۱- کلروفیل کلروفیل	۴۱
۴-۳-۲- پرولین	۴۵
۴-۳-۳- آنزیم گایاکول پراکسیداز	۴۷
۴-۳-۴- آسکوربات پراکسیداز	۴۸
۴-۳-۵- پروتئین محلول دربرگ	۵۰
۴-۳-۶- کاتالاز	۵۱
۴-۳-۷- مالون دی آلدهید (MDA)	۵۲
۴-۴- نتیجه گیری	۵۴
منابع و مآخذ	۵۵
پیوستها	۶۵

فهرست جداول

جدول ۳-۱- خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی.....	۲۰
جدول ۴-۱- تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری، اسید آبسیزیک و اسید جیبرلیک بر صفات مورفولوژیکی گندم.....	۶۵
جدول ۴-۲- تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری، اسید آبسیزیک و اسید جیبرلیک بر اجزای عملکرد گندم.....	۶۵
جدول ۴-۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری، اسید آبسیزیک و اسید جیبرلیک بر تعداد دانه در سنبله.....	۳۴
جدول ۴-۴- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری، اسید آبسیزیک و اسید جیبرلیک بر وزن هزار دانه گندم.....	۳۵
جدول ۴-۵- نتایج تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری، اسید آبسیزیک و اسید جیبرلیک بر صفات فیزیولوژیک گندم.....	۶۶
جدول ۴-۶- ادامه نتایج تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری، اسید آبسیزیک و اسید جیبرلیک بر صفات فیزیولوژیک گندم.....	۶۷
جدول ۴-۷- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری، اسید آبسیزیکو اسید جیبرلیک بر محتوی پروتئین محلول، کاتالاز و مالوندىآلدهید.....	۵۳

فهرست شکل‌ها

- ۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید آبسیزیک بر ارتفاع بوته گندم..... ۳۱
- ۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید آبسیزیک در اسید جیبرلیک بر ارتفاع بوته گندم..... ۳۱
- ۴-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید آبسیزیک بر طول سنبله گندم ۳۲
- ۴-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید آبسیزیک در اسید جیبرلیک بر طول سنبله گندم..... ۳۳
- ۴-۵- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید جیبرلیک بر عملکرد دانه گندم..... ۳۷
- ۴-۶- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید آبسیزیک در اسید جیبرلیک بر عملکرد دانه گندم..... ۳۸
- ۴-۷- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید جیبرلیک بر عملکرد بیولوژیکی گندم..... ۳۹
- ۴-۸- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید آبسیزیک بر عملکرد بیولوژیکی گندم ۳۹
- ۴-۹- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت گندم..... ۴۰
- ۴-۱۰- مقایسه میانگین اثر اسید آبسیزیک بر شاخص برداشت گندم ۴۱
- ۴-۱۱- مقایسه میانگین اثر اسید جیبرلیک بر شاخص برداشت گندم..... ۴۱
- ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر میزان کلروفیل a در گندم..... ۴۲
- ۴-۱۳- مقایسه میانگین اثر اسید آبسیزیک بر میزان کلروفیل a در گندم..... ۴۳
- ۴-۱۴- مقایسه میانگین اثر اسید جیبرلیک بر میزان کلروفیل a در گندم..... ۴۳
- ۴-۱۵- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر میزان کلروفیل b در گندم..... ۴۳
- ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر اسید آبسیزیک بر میزان کلروفیل b در گندم..... ۴۴
- ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثر اسید جیبرلیک بر میزان کلروفیل b در گندم..... ۴۴
- ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر مجموع کلروفیل در گندم..... ۴۴
- ۴-۱۹- مقایسه میانگین اثر اسید آبسیزیک بر مجموع کلروفیل در گندم..... ۴۵
- ۴-۲۰- مقایسه میانگین اثر اسید جیبرلیک بر مجموع کلروفیل در گندم..... ۴۵
- ۴-۲۱- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید جیبرلیک بر محتوای پروتئین در گندم..... ۴۶
- ۴-۲۲- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید آبسیزیک در اسید جیبرلیک بر محتوای پروتئین در گندم..... ۴۷
- ۴-۲۳- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید جیبرلیک بر فعالیت گایاکول پراکسیداز..... ۴۸
- ۴-۲۴- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید آبسیزیک در اسید جیبرلیک بر فعالیت گایاکول پراکسیداز..... ۴۸
- ۴-۲۵- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید آبسیزیک بر فعالیت آسکوربات پراکسیداز ۵۰
- ۴-۲۶- مقایسه میانگین اثر اسید جیبرلیک بر فعالیت آسکوربات پراکسیداز..... ۵۰



گندم به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی از لحاظ سطح زیر کشت و میزان تولید در جهان بوده و در تامین نیاز غذایی جوامعی بشری نقش مهمی را ایفا می‌کند. کاشت و زرع گندم در کشور به استثناء چند منطقه در فصل پاییز انجام می‌شود. تحت چنین شرایطی دوره رویشی گیاه گندم مصادف با بارش‌های پاییز و زمستان بوده و معمولاً گیاه محدودیت رشدی ندارد. در مقابل دوره زایشی و پر شدن گیاهان در اواخر بهار همزمان با افزایش دمای هوا و کمبود آب بوده و بنابراین رشد گیاه تحت تأثیر تنش‌های گرمایی و خشکی قرار گرفته و از پتانسیل تولید کاسته می‌شود (جودی و همکاران، ۲۰۱۴). تقریباً تمام فرآیندهای زندگی گیاهان بطور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تأثیر تنش‌ها و هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرند. کاهش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی نتیجه برهم خوردن تعادل هورمون‌های می‌باشد. بنابراین کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد در شرایط تنش خشکی می‌تواند به عنوان عاملی در جهت معکوس کردن اثر تنش‌های غیر زیستی عمل نماید (ماهرخ و همکاران، ۱۳۹۵). از راهکارهای بهبود تنش می‌توان به کاربرد خارجی اسید جیبرلیک اشاره کرد. جیبرلین‌ها از ترکیبات ترپنوئیدی می‌باشند که ساختار آن‌ها از واحدهای ایزوپرن است. جیبرلین‌ها هم موجب رشد طولی و هم باعث افزایش تقسیم سلولی می‌شوند، از دیگر اثرات فیزیولوژیکی جیبرلین می‌توان به تغییرات در جوانی، جنسیت گل‌ها، تحریک رسیدن میوه اشاره نمود، جیبرلین‌ها همچنین موجب توسعه‌پذیری سلول‌های گیاهی نیز می‌شوند (سلطانی و همکاران، ۱۳۹۵). اسید آبسازیک یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی است که در ارتباط با پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی تولید می‌گردد و رشد و نمو گیاه را در محیط‌های نامطلوب کنترل می‌نماید (تایز و زایگر، ۲۰۰۶). این تنظیم‌کننده رشد گیاهی می‌تواند موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های خنثی‌کننده گونه‌های فعال اکسیژن مثل گایاکول پراکسیداز و کاتالاز شود و همچنین تشکیل مالون‌دی‌آلدئید را کاهش دهد (لی و همکاران، ۲۰۱۱). به طور کلی با توجه به اهمیت تغذیه‌ای گندم و کاهش میزان تولید آن در اثر وقوع تنش خشکی، این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی اسید آبسازیک و اسید

جیبرلیک بر اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیکوشیمیایی گندم نان تحت شرایط تنش خشکی دنبال خواهد شد.

۱-۱ سطح زیر کشت و میزان تولید گندم

طبق آمار سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ منتشر شده در وبسایت وزارت جهاد کشاورزی غلات به طور متوسط سطحی معادل ۸۴۴۵۶۰۱ هکتار از کل اراضی کشاورزی کشور را به خود اختصاص داده است که میزان تولید آن ۲۲۷۶۷۳۵۹ تن بوده است. بر اساس آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی، گندم به طور متوسط سطحی معادل ۵۸۶۴۵۵۴ هکتار دارد که سهم گندم آبی از این مقدار حدوداً ۱۹۳۱۷۶۶ هکتار و سهم گندم دیم ۳۹۳۲۷۸۸ هکتار می باشد. استان سمنان با سطح زیر کشت حدود ۳۲۵۵۳ هکتار و میزان تولید ۱۱۸۹۰۷ تن حدود ۰.۵۵ درصد از سطح کشت گندم ایران را به خود اختصاص داده است.

۱-۲ گندم و اهمیت اقتصادی آن

گندم با نام علمی *Triticum aestivum*.L می باشد و در زبان انگلیسی به نام *Wheat* و در زبان فرانسه *Ble* و در زبان آلمانی به آن *Weizen* نامیده اند (شیوری، ۲۰۰۹). گندم از جمله مهم ترین محصولات زراعی ایران به شمار رفته و از زمان های ماقبل تاریخ در تأمین معاش و ادامه حیات ساکنان این کشور نقش مهمی را ایفا نموده است. این گیاه نزدیک ۱۰ تا ۱۵ هزار سال قبل از میلاد مسیح در ناحیه ای واقع در غرب ایران و شرق عراق به تکامل رسیده و اهلی شده است اما هیچ کس نمی داند که دقیقاً چه موقع و توسط چه شخصی معرفی شده است، اجداد وحشی گندم در منطقه خاورمیانه، غرب ایران، شرق ترکیه و شمال عراق گزارش شده و هم اکنون هم در این مناطق کشت و کار می شوند (اسلافر، ۱۹۹۴). برخی از پژوهشگران منشاء گندم را هلال حاصلخیز دانسته اند، گندم های امروزی از گندم وحشی تک بذری منشاء گرفته اند و برای تبدیل گندم از حالت وحشی به گونه اهلی راه تکاملی زیادی را سپری نموده اند (پوهلمن، ۱۹۵۹). بر اساس مطالعات انجام شده، باستان شناسان چنین گزارش نموده اند که منشأ کشت گندم یا در سوریه و فلسطین یا کمی دورتر به

سمت شمال در امتداد بخش جنوبی آناتولی بوده و همچنین کشت آن از فلسطین به مصر و از شمال بین‌النهرین به ایران آمده است و کسترش گندم نان از ایران به همه سو، به جنوب بین‌النهرین، هندوستان، ترکمنستان روسیه و از آنجا به چین و جنوب روسیه گزارش شده است (کورتیس و فرسون، ۲۰۰۲).

گندم یک ماده‌ی غذایی بسیار مهم و حائز اهمیت است و از لحاظ اهمیت سیاسی هم پایه‌ی نفت و حتی برتر از آن گزارش شده است (نصر اصفهانی، ۱۳۹۲). طبق آمار کشاورزی، بیش از ۷۰ درصد سطح کشت گیاهان در جهان به غلات اختصاص داشته که ۳۰ درصد آن را گندم و ۱۳ درصد آن زیر کشت برنج است. گندم مهم‌ترین مواد غذایی مردم جهان بوده و تأمین کننده‌ی قسمت اعظم نیاز غذایی بشر در کشورهای مختلف جهان، به خصوص مردم کشورهای جهان سوم می‌باشد. گندم گیاهی است که به مقدار زیاد و در مساحت وسیعی از زمین‌های کشاورزی دنیا و حتی در نواحی خشک کشت شده و محصول کافی تولید می‌نماید. اهمیت اقتصادی گندم چه از نظر تولید و چه از نظر تغذیه در دنیا بیش از سایر محصولات کشاورزی گزارش شده است. حتی در مناطقی که به علت شرایط اقلیمی و یا خشکی محیط، امکان تولید نباتات دیگر وجود ندارد، می‌توان گندم را کشت نمود (شبستری، ۱۹۹۰). تولید گندم در دنیا در درجه‌ی اول برای تغذیه‌ی انسان و در درجه‌ی دوم برای تغذیه‌ی دام‌ها و طیور و مصارف صنعتی می‌باشد. برخی مواقع در صنعت از آن نشاسته و الکل و گلوتن تهیه می‌نمایند و بعضی مواقع جهت خوراک دام و تهیه بستر دام حائز اهمیت است و تا حدی نیز در صنایع کاغذسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. محصول سبز آن نیز ممکن است در تغذیه حیوانات استفاده شود و همچنین در مدیریت خاک و تناوب‌ها نقش زیادی داشته و حتی گاهی به عنوان کود سبز گزارش شده است (افیونی، ۱۹۹۵).

۱-۳- خصوصیات گیاه‌شناسی و زراعی گندم

گندم گیاهی یک ساله، تک لپه و از خانواده گندمیان و از جنس تریکوم (*Triticum*) بوده که دارای گونه‌های بسیار زیاد وحشی و اهلی می‌باشد. نمونه‌های وحشی آن به صورت علف هرز بوده و در کشت و کار گیاهان

مزاحمت ایجاد می‌کند. گندم گیاهی خودگشن و داری درصد ناچیزی دگرگشنی است که معمولاً ۶ تا ۷٪ دگرگشنی دارد و بیش از ۹۰٪ خودگشن می‌باشد. گندم مانند هر گیاه دیگری دارای ریشه، ساقه، برگ، گل و دانه می‌باشد (امام، ۱۳۸۲). گل آذین سنبله‌ای، میوه گندمه (Caryopsis) کاریوپس، دانه کاملاً بیضی شکل بوده و لخت و بدون پوشش است، ریشه آن سطحی و افشان و عمق فعالیت ریشه‌ها در خاک معمولاً تا عمق ۳۰ سانتی متر خاک می‌باشد، ساقه گیاه بند بند توخالی و به اصطلاح ماشوره ای و دارای گره بوده و در محل گره‌ها به حالت اسفنجی و توپر در آمده است که به ساقه حالت مقاوم در برابر شکستگی را می‌دهد. این گیاه دارای برگ‌های کشیده و باریک بوده که هر برگ از دو قسمت پهنک و غلاف تشکیل شده است و فاقد دم‌برگ می‌باشد. در محل اتصال برگ به ساقه سه زائده دیده می‌شود که دو زائده کناری گوشوارک و زائده وسطی زبانک نامیده‌اند و آخرین برگ که روی ساقه به وجود می‌آید تحت عنوان برگ پرچم است (کریمی، ۱۳۷۱).

گندم در هر دو نیمکره کشت کار می‌شود از حدود ۴۰ درجه جنوبی تا حدود ۶۰ درجه شمالی گزارش شده است که به آب و هوای خنک در فصل رشد، آب و هوای معتدل در دوران تشکیل دانه و آب و هوای گرم و خشک در فصل برداشت نیاز دارد. بهترین خاک برای گندم خاک با بافت متوسط با عمق کافی، تهویه مناسب از نظر هوموس ایده‌آل می‌باشند. این گیاه از نظر تناوب زراعی، پس از گیاهان وجینی کشت مطلوبی داشته است. عمق کاشت بذر با توجه به بافت خاک و زمان کاشت در خاک از ۳ تا ۵ سانتی متر متغیر است (بهینا، ۱۳۷۳).

عملکرد مطلوب و بالا در گندم در شرایطی به دست خواهد آمد که درجات حرارت در ابتدای رویش پایین و در مرحله رشد متوسط و در مرحله رسیدگی بالا باشد، حداقل درجه حرارت برای جوانه زدنی یک تا سه درجه سانتی‌گراد بوده و دمای بسیار زیاد در موقع جوانه‌زدن باعث از بین رفتن دانه‌ها می‌گردد. در دمای ۱۵ تا ۱۸ درجه رشد رویشی، سریع بوده و گیاه قوی‌تری تولید می‌شود. چنانچه بارندگی به میزان ۳۰ mm باشد، سبز شدن گندم در مدت ۴-۵ روز اتفاق خواهد افتاد. بهترین درجه حرارت جهت پنبه‌زنی در گندم

پاییزه، ۸۰-۱۰ است. زمانی که بوته‌های جوان سالم گندم به مدت ۲-۴ هفته در معرض درجات حرارت نزدیک به یخ زدن قرار بگیرند، اگر شرایط نور و مواد غذایی کافی باشد تغییرات فیزیولوژیکی در آنها صورت گرفته و مقاومت آن را در برابر یخ زدن بالایی برد (نورمحمدی، ۱۳۸۰).

۴-۱- اثر تنش کم آبی در مراحل مختلف نمو گندم

وقوع تنش در مرحله جوانه‌زدن باعث تشکیل گیاهچه ضعیف می‌شود، تنش در مرحله پنجه‌زنی علاوه بر کاهش تعداد پنجه، در این مرحله ریشه‌های ثانویه یا دائمی تشکیل می‌شوند که نقش اصلی و حیاتی در تغذیه گیاه دارند که در اثر وقوع تنش ضعیف می‌گردد، وقوع تنش در مرحله ساقه رفتن، کاهش تعداد سنبله و سنبله‌چه را در پی خواهد داشت، تنش در مرحله سنبله رفتن علاوه بر افزایش گل‌های غیربارور که نتیجه آن کاهش تعداد دانه در سنبله است باعث کاهش وزن دانه خواهد شد از آنجا که در این مرحله برگ پرچم رشد می‌نماید، در صورت وقوع تنش، سطح برگ و در نهایت سطح فتوسنتزکننده کاهش و متعاقب آن کاهش وزن هزار دانه را در پی دارد، تنش در مرحله گلدهی منجر به عدم تلقیح گل‌ها و کاهش تعداد دانه می‌گردد و همچنین وقوع تنش در مرحله شیری‌شدن باعث تولید دانه چروک و لاغر شده و در نهایت و وزن هزار دانه کاهش می‌یابد (نورمحمدی، ۱۳۸۰).

۵-۱- تنظیم‌کننده‌های رشد (Plant Growth Regulators)

همانگونه که عوامل بیرونی و درونی در رشد گیاهان موثر می‌باشند بنابراین تنظیم‌کننده‌های رشد نیز فرآیندهای برنامه‌ریزی شده ویژه‌ای را در یاخته‌های هدف به عهده دارند لذا به عنوان مهم‌ترین عوامل درونی و تاثیرگذار در گیاه به شمار می‌روند، هورمون‌ها تنظیم و هماهنگی فرآیندهایی را بر عهده دارند که در نقاط مختلف پیکر گیاهان صورت می‌گیرد، این مواد از ترکیبات آلی بوده که در بافت‌های ویژه‌ای ساخته شده‌اند و مستقیماً از یاخته‌ای به یاخته دیگر رفته و یا از طریق آوندها به سراسر گیاهان منتقل می‌شوند و در محله دفاتر خاص خود را نشان می‌دهند، بعضی از تنظیم‌کننده‌ها نیز اثر بازدارندگی دارند، بطور کلی رشد و نمو طبیعی

یک گیاه، بیشتر تحت تاثیر اثر متقابل هورمون‌های تحریک کننده و بازدارنده است. بعضی از تنظیم کننده-های گیاهی محرک رشد هستند، در حالی که هورمون‌های دیگری همین فرآیندها را کاهش می‌دهد و یا به تاخیر می‌ندازند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۳). بطور کلی تمام جنبه‌های مختلف رشد و نمو در گیاهان از رویش دانه تا تشکیل میوه تحت تاثیر هورمون‌های متعددی قرار می‌گیرد، درواقع رویش دانه در نتیجه تغییر واکنش-های متابولیسمی از صورت کاتابولیسمی به آنابولیسمی بوده و عملکرد هورمون‌ها باعث کاهش یا افزایش گروه-های ویژه آنزیمی و سنتز ترکیبات حدواسط می‌شود (محسنی و همکاران، ۲۰۰۶). هم اکنون تنظیم کننده‌های رشد در حکم ابزارهای آگروشیمیایی مفیدی عمل می‌کنند که گیاه آن را در راستای مصرف کارآمدتر عناصر غذایی و تظاهر پتانسیل‌های ژنتیکی و فیزیولوژیکی یاری می‌نمایند، تیمار گیاهان با هورمون‌ها و مواد محرک رشد یکی از روش‌هایی است که در جهت افزایش عملکرد در کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته است (فقه‌نبی، ۲۰۰۸).

به طور کلی پنج دسته مهم از هورمون‌های گیاهی در گذشته شناسایی شده است که به تدریج تعداد آن‌ها در حال افزوده شدن است. نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که تعادل هورمونی گیاه در شرایط تنش به هم می‌خورد (حیات و همکاران، ۲۰۱۰؛ اشرف و فولاد، ۲۰۰۵). اثر منفی چنین تغییری بیشتر به غلظت نسبی آنها بستگی دارد تا به غلظت هر کدام از آن‌ها به تنهایی، کاربرد تنظیم کننده‌های رشد به طور قابل توجهی باعث ایجاد تعادل هورمونی در گیاهان در شرایط تنش می‌گردد (اشرف و همکاران، ۲۰۱۰). استفاده سیستمی از تنظیم کننده‌های رشد از دهه ۱۹۳۰ میلادی آغاز شده و روز به روز بر اهمیت و مصرف آنها افزوده می‌شود (رادیماجر، ۲۰۱۵). میزان مصرف جهانی تنظیم کننده-های رشد در سال ۲۰۰۳ میلادی نزدیک به ۱۶/۷ هزار تن ماده خالص گزارش شده و در سال ۲۰۱۳ به ۴۲/۷ هزار تن ماده خالص رسیده است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۲۵ به بیش از ۵۵ هزار تن ماده مؤثر برسد (مرادی، ۲۰۱۶). آمار مربوط به سال‌های ۲۰۱۵، ارزش بازار تنظیم کننده‌های رشد گیاهی را حدود ۴/۲ میلیارد دلار و فروش سالانه آنها حدود ۱/۲ میلیارد دلار گزارش نموده است (رادیماجر، ۲۰۱۵).

پیش‌بینی قیمت آینده این محصولات، ارزش آتی بازار را بیش از شش میلیارد دلار برآورد نموده است (مرادی، ۲۰۱۶). در حدود ۴۰ ماده فعال شناسایی شده‌اند که به صورت منفرد یا ترکیبی به عنوان تنظیم کننده رشد گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند (رادیماجر، ۲۰۱۵). اکسین‌ها، سیتوکنین‌ها، جیبرلین‌ها، اتیلن، اسید آبسزیک، براسینواستروئیدها، اسید سالیسیلیک، کلرومکوات کلراید، اسید جاسمونیک، تریاکونتاو، اسید آسکوربیک، استریگولاکتون‌ها، اکسید نیتريت، پلی‌آمین‌ها و هورمون‌های پپتیدی گیاهی، تنظیم کننده‌های رشد شناخته‌شده‌ای هستند که باعث بهبود عملکرد و کیفیت محصولات زراعی شده‌اند.

۱-۵-۱- جیبرلین

جیبرلین‌ها برای اولین بار در سال ۱۹۳۸ با مطالعه نوعی قارچ در گیاه برنج بنام ژیبیرا فوجیکوری (*GibberellaFujikuroi*) از گروه آسکومیست‌ها شناسایی شدند. ماده متبلوری از عصاره محیط کشتی که این قارچ در آن رشد کرده بوده کشف شد که اثر این قارچ بر گیاهان آلوده را نشان داد، این ماده جیبرلین نامیده شد، در گیاهان برگ‌های مریستمی، نوک ریشه، بذرهای در حال رشد به عنوان نواحی عمده ساخته شدن جیبرلین گزارش شده‌اند که این هورمون در گیاهان کاملاً به‌طور آزاد و هم در آوند آبکش و هم در آوند چوبی انتقال می‌یابند (خوشخوی و همکاران، ۱۳۷۷). اسید جیبرلیک یکی از مهمترین جیبرلین‌ها بوده که در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان نظیر فعالیت تقسیم سلولی مناطق مریستم، افزایش طولی سلول‌ها، افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی، افزایش رشد گیاهچه‌ای در شرایط مزرعه (عیسوند و همکاران، ۱۳۹۰) زودرسی، گلدهی و عملکرد دخالت داشته است (کوئر و همکاران، ۲۰۰۵). اسید جیبرلیک همچنین به‌عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانات گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است حائز اهمیت است (سنارتنا و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف از قبیل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی بسته به غلظت مورد نظر، گونه گیاه، دوره رشدی و شرایط محیطی نقش محوری آن گزارش شده است (اقبال و اشرف، ۲۰۰۶).

۱-۵-۲- اسیدآبسیزیک

اسیدآبسیزیک (ABA) یکی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی بوده که در ارتباط با پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی تولید می‌شود و رشد و نمو گیاه را در محیط‌های نامطلوب کنترل می‌نماید (تایز و زایگر، ۲۰۰۶). فیتوهورمون اسیدآبسیزیک به عنوان یک عامل انتقال پیام در شرایط تنش زنده و غیر زنده نقش داشته است. در عین حال در فرایندهای مهم فیزیولوژیکی از قبیل تنظیم دوره خواب بذر و کنترل بیان ژن‌ها در مراحل مختلف نمو حائز اهمیت زیادی است (نامبارا و همکاران، ۱۹۹۸). تجمع اسیدآبسیزیک در بافت‌های گیاهی تحت تأثیر تیمارهای مختلف تنش زنده و غیر زنده نظیر خشکی، شوری، سرما و عوامل بیماری‌زا نقش انکار ناپذیر آنرا به عنوان یک عامل انتقال پیام تأکید می‌نماید (هاری و همکاران، ۱۹۹۷). اگرچه ساز کار دقیق این نقش کاملاً روشن نشده است اما شواهد تحقیقاتی نشان داده است که اسیدآبسیزیک از طریق تنظیم غلظت رادیکال‌های آزاد اکسیژن چنین نقشی را ایفا می‌کند (پی و همکاران، ۲۰۰۰). تنش‌های محیطی، مانند خشکی، می‌توانند سبب بسته شدن روزنه‌ها در طول روز شوند. وقتی که یک گیاه با کمبود آب مواجه می‌گردد، ممکن است سلول‌های نگهبان، تورژسانس خود را از دست بدهد و روزنه بسته شود. علاوه بر این، هورمون اسیدآبسیزیک که در ریشه‌ها و برگ‌ها، و در پاسخ به شرایط کمبود آب ساخته می‌شوند نیز به عنوان یک سیگنال برای سلول‌های نگهبان عمل کرده و موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شوند. این پاسخ که باعث کاهش پژمردگی گیاه می‌شود، جذب دی اکسید کربن را نیز با محدودیت مواجه کرده و فتوسنتز را نیز کاهش می‌دهد، چون تورژسانس برای رشد طولی سلول‌ها لازم است رشد گیاه متوقف می‌گردد. موارد فوق برخی از دلایلی هستند که نشان می‌دهند که چرا خشکی باعث کاهش محصولات شده است (هادی و نصر، ۱۳۹۲).

اهداف پژوهش

- ۱- بررسی اثر تنش قطع آبیاری بر عملکرد دانه، صفات بیوشیمیایی و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت در گندم نان
- ۲- ارزیابی اثر محلول‌پاشی اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک بر اجزای عملکرد و صفات فیزیکیوشیمیایی در گندم



۲-۱- اثر تنش خشکی بر صفات کمی و کیفی

تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه اثرات تنش آبی در مراحل مختلف رشد و نمو گندم انجام شده است. دورنباس و پرویت (۲۰۰۹) مراحل بحرانی از نظر تنش رطوبتی را برای گیاهان زراعی و علوفه‌ای ارائه کرده‌اند. آنها مراحل حساس رشد گندم را مرحله تشکیل سنبله و دو هفته قبل از گرده افشانی معرفی کرده‌اند. در حالی که ژانگ و اوایس (۲۰۰۹) در ناحیه مدیترانه شمالی به این نتیجه رسیدند مراحل بزرگ شدن ساقه، گلدهی و در ادامه مرحله پر شدن دانه هاست.

محسنی موحد و اکبری (۱۳۹۰) اثر حذف آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد گندم رقم الوند را مورد ارزیابی قرار دادند که نتایج آنها نشان داد که تمام تیمارهای کم آبیاری سبب کاهش عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و وزن هزار دانه می‌شد. همچنین دوره گلدهی حساس‌ترین دوره به کمبود آب است و حذف آبیاری در این مرحله عملکرد را بیشتر کاهش خواهد داد. قطع آبیاری در مرحله شیری خمیری شدن بیشترین واکنش عملکرد را به کم آبیاری نشان می‌دهد.

بر اساس مطالعات صورت گرفته گزارش شده است که، تنش خشکی در زمان پر شدن دانه در کارایی انتقال هیدرات‌های کربن به اندام‌های مخزن و همچنین تعدادی از فعالیت‌های بیوشیمیایی و متابولیسم ساکارز و تجمع نشاسته تأثیر گذار است که این تأثیرات باعث کوچک شدن دانه‌ها، کاهش وزن دانه شده و در نهایت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد (یادوهو سونیجا و همکاران، ۲۰۱۵).

یافته‌های تاتار و همکاران (۲۰۱۶) نشان داده است که علت کاهش عملکرد ارقام در شرایط تنش ناشی از کاهش میزان فتوآسیمیلات تولیدی طی فرآیند فتوسنتز می‌باشد و همچنین آنها اظهار نمودند که این امر سبب کاهش وزن هزار دانه و به طبع عملکرد می‌شود. سایر محققین کاهش عملکرد در اثر تنش پس از گلدهی را ۴۹/۹ درصد در کبوتر آهنگ اصفهان (افیونی و همکاران، ۲۰۱۶) و ۹/۳۳ درصد در کرمانشاه (عبدلی و همکاران، ۲۰۱۳) گزارش نمودند.

ملک و همکاران (۱۳۹۸) تحمل به خشکی ارقام گندم تحت تنش کم آبی پس از گلدهی را ارزیابی کردند و شاهد کاهش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، میزان کلروفیل و میزان مالون‌دی‌الدهید در اثر ایجاد تنش در مرحله گلدهی و پر شدن دانه شدند همچنین آنها در نتایج خود شاهد افزایش فعالیت کاتالاز و پراکسیداز در برگ پرچم بودند.

احمدی و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقات خود در غلات گزارش کردند که تنش خشکی یکی از مهمترین عامل‌های محدودکننده تولید غلات در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران به شمار می‌رود.

مطالعات نشان داده است که استفاده از رقم‌های متحمل به خشکی از جمله راهکارهای مناسب و عملی در کاهش اثر منفی بر عملکرد دانه گندم می‌باشد. در این راستا واکنش ارقام گندم به تنش خشکی و مطالعه صفات و فرایندهای فیزیولوژیک مرتبط با تحمل به خشکی و تغییرات آنها ضروری خواهد بود (افیونی و همکاران، ۲۰۱۶).

مظفری و همکاران (۱۳۹۵) اثر تنش خشکی بر دو رقم گندم را مورد بررسی قرار دادند که نتایج آنها نشان داد که تنش خشکی منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت می‌شود و همچنین یافته‌های آنها کاهش محتوای کلروفیل را در اثر تنش خشکی نشان داد.

در آزمایش ونگ و همکاران (۲۰۱۵) روی اثر تنش خشکی آخر فصل در رقم‌های گندم مشخص شد که با ادامه تنش خشکی، مقدار مالون‌دی‌آلدئید در برگ‌های گیاهچه‌های رقم‌های حساس گندم نسبت به رقم‌های مقاوم به میزان بیشتری افزایش می‌یابد.

شریفی و محمدخانی (۱۳۹۷) اثر تنش خشکی بر آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی در برگ پرچم ژنوتیپ‌های گندم را بررسی کردند و نشان دادند که تنش خشکی موجب افزایش فعالیت آسکوربات پراکسیداز

و محتوای پروتئین محلول شدند و همچنین میزان عملکرد دانه، وزن هزار دانه و تعداد دانه با ایجاد تنش کاهش نشان داد و با افزایش شدت تنش میزان کاهش اجزای عملکرد شدت گرفت.

گزارش‌های مختلفی در مورد افزایش پرولین در شرایط تنش خشکی وجود دارد. این تجمع تا چندین روز بعد از تنش ادامه دارد (طریق الاسلامی، ۱۳۹۵؛ میلر و همکاران، ۲۰۱۰). دستبندان‌نژاد و همکاران (۱۳۹۹) در گیاه ذرت نشان دادند که تنش خشکی به صورت قطع آبیاری موجب کاهش اجزای عملکرد و میزان کلروفیل در برگ می‌شود.

بایقی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقات خود نشان دادند که تحت شرایط تنش خشکی در گندم به دلیل کم بودن سطح برگ و کامل نبودن پوشش گیاهی، توسعه کند سطح برگ، منجر به توسعه ضعیف پوشش گیاهی و جذب کمتر تابش می‌شود که در نهایت کاهش تولید را به دنبال خواهد داشت.

آزادی و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقات خود بر روی هیبریدهای مختلف ذرت نشان دادند که قطع آبیاری موجب کاهش صفات مورفولوژیکی، عملکرد دانه و همچنین باعث کاهش مجموع کلروفیل در برگ می‌شود.

ردائی‌الاملی و همکاران (۱۳۹۹) با ارزیابی ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم و جو در شرایط تنش‌های آبی و نیتروژن گزارش کردند که اجزای عملکرد این گیاهان تحت شرایط تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافت.

بررسی واکنش برخی صفات زراعی تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم به قطع آبیاری آخر فصل نشان داد تنش خشکی باعث کاهش همه صفات جز تعداد سنبله در متر مربع و روز تا گرده‌افشانی گردید و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم را بین ۳۶/۲ تا ۵۶ درصد کاهش داد. از بین اجزای عملکرد، بیشترین اثر تنش بر وزن هزار دانه بود (افیونی و همکاران، ۱۳۹۴).

۲-۲- اثر اسید جیبرلیک بر صفات کمی و کیفی

مطابق با مطالعات انجام شده گزارش شده است که هورمون‌ها از مهمترین عوامل داخلی تنظیم‌کننده رشد گیاهان زراعی در پاسخ به عوامل محیطی و ژنتیکی به‌شمار می‌روند و در میان تنظیم‌کننده‌های رشد اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها، اسید جیبرلیک و پلی‌آمین‌ها نقش مهمی در فعالیت هورمونی در جهت گل‌انگیزی و کنترل رشد گیاه داشته و کاربرد خارجی آنها در طول بهاره‌سازی می‌تواند گلدهی را افزایش دهد (نیمیر و همکاران، ۲۰۱۵).

بر اساس مطالعات انجام‌شده، جیبرلین‌ها متعلق به گروه بزرگی از ترکیبات طبیعی به نام ترپنوئیدها (مثل کاروتنوئیدها) هستند و از طریق مسیر اسید موالونیک در ساقه‌های با رشد سریع و بذرهای تکامل یافته تولید می‌گردند. اسید جیبرلیک در فرآیندهای فیزیولوژیکی زیادی مانند: رشد ساقه، گلدهی، جوانه‌زنی بذر، رکود ظهور اندام‌های جنسی، پیری، پارتنوکاری، تشکیل میوه و رشد نقش دارند (رودوای و همکاران، ۱۹۹۱). همچنین گزارش شده است که کاربرد اسیدجیبرلیک در گیاه یونجه باعث افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان می‌گردد (لوپز و همکاران، ۲۰۰۷).

جیبرلین‌ها گروهی از هورمون‌ها می‌باشند که عمدتاً در برگ‌ها، نوک ریشه و بذرهای در حال جوانه‌زنی ساخته شده‌اند و در آوند آبکشی و چوبی انتقال می‌یابند. مهمترین تاثیرات این دسته از هورمون‌ها شکستن خواب بذر و آغاز رشد ساقه از طریق طویل شدن سلول و تقسیم سلولی گزارش شده است (باری و جونیس، ۲۰۰۹).

عزتی و همکاران (۱۳۹۸) محلول‌پاشی اسید جیبرلیک بر صفات کمی و کیفی کلزا را در شرایط قطع آبیاری مورد هدف قرار دادند که نتایج آزمایش آنها نشان داد کاربرد اسید جیبرلیک در مقایسه با شاهد (عدم کاربرد اسید جیبرلیک) اثر معنی‌داری بر وزن هزاردانه، ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت داشت.

جلالی هنرمند و همکاران (۱۳۹۵) اثر محلول پاشی هورمون‌های رشد در مراحل شکل‌گیری اجزای عملکرد دو رقم گندم تحت شرایط دیم را مورد بررسی قرار دادند و نتایج آنها نشان داد که هورمون اسید جیبرلیک اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گندم داشت.

پورغلام و همکاران (۱۳۹۸) عملکرد و صفات بیوشیمیایی ذرت را با کاربرد اسید جیبرلیک مورد بررسی قرار دادند که نتایج آنها نشان داد محلول پاشی اسید جیبرلیک موجب افزایش عملکرد، میزان پروتئین برگ، فعالیت کاتالاز و باعث کاهش مالون‌دی‌الدهید می‌شود.

مطالعات کاربرد سطوح جیبرلین‌ها نشان‌دهنده‌ی افزایش در سطح این هورمون در زمان گل‌انگیزی است و می‌تواند نمو زایشی گیاه را تحت کنترل خود قرار دهد (کینگ و اوانس، ۲۰۰۳). همچنین بر اساس مطالعات انجام شده، برخی محققین اعتقاد دارند که جیبرلین‌ها با کاهش اثرات منفی تنش و تجمع پرولین باعث بهبود رشد گیاه می‌شوند (سلطانی، ۱۳۹۵).

۲-۳- اثر اسید آبسازیک بر صفات کمی و کیفی

مطالعات نشان داده است که اسید آبسازیک از مهمترین بازدارنده‌های رشد گیاهی به شمار می‌رود و در فرآیندهای زیادی از جمله رکود بذر و جوانه و ریزش اندام‌های گیاهی نقش مهمی دارد، عوامل محیطی تنش‌زا مانند خشکی، با افزایش اسید آبسازیک و کاهش جیبرلین‌ها باعث القای خواب می‌شوند (پلگ و بلوموالد، ۲۰۱۱).

به عقیده برخی محققین، هورمون اسید آبسازیک به گونه‌ای فعال، در بازدارندگی رشد و نمو، تحریک مرگ برگ و خواب بذر، پاسخ گیاهان به تنش‌ها و کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنظیم رطوبت نسبی گیاه نقش ایفا می‌کنند (داویس، ۲۰۱۳).

همچنین گزارش شده است که اسید آبسیزیک یکی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی است که در ارتباط با پاسخ گیاه به تنش‌های محیطی تولید شده و رشد و نمو گیاه را در محیط‌های نامطلوب تحت شعاع قرار می‌دهند (تایز و زایگر، ۲۰۰۶). این تنظیم کننده رشد گیاهی فعالیت آنزیم‌های خنثی کننده گونه‌های فعال اکسیژن مثل سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را افزایش داده و موجب کاهش تشکیل مالون دی‌آلدئید در گیاه می‌شود (لی و همکاران، ۲۰۱۱).

مطالعات لیو و همکاران (۲۰۱۵) نشان داده است که بین سطوح اسید آبسیزیک و تعداد پلاستیدها ارتباط تنگاتنگی وجود دارد. استفاده از اسید آبسیزیک می‌تواند سازگاری گیاه را به تنش‌های محیطی مثل خشکی افزایش بدهد و توانایی گیاه را برای رویارویی با شرایط نامساعد محیطی بالا ببرد (گورتا و همکاران، ۲۰۰۷).

رسایی و همکاران (۱۳۹۹) در تحقیقات خود بر روی گیاه گوجه‌فرنگی اظهار داشتند که اسید آبسیزیک هورمونی است که در شرایط تنش‌های محیطی به وفور تولید می‌گردد و با کاربرد آن به طور غیرمستقیم شرایط تنش بر گیاه حکم‌فرما و اعمال شده که افزایش کربوهیدرات‌های محلول را در پی دارد. از طرف دیگر برخی محققین گزارش نمودند که ممکن است به این دلیل باشد که آبسیزیک اسید رشد را کاهش داده و قندهای مازاد بر رشد در برگ‌ها تجمع پیدا می‌کنند. همچنین برخی محققین نشان دادند که اسید آبسیزیک سرعت فتوسنتز و مقدار کلروفیل و پروتئین محلول برگ‌ها را در گندم کاهش می‌دهد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۵).

یافته‌های زای و همکاران (۲۰۰۴) نیز در گندم نشان داد که سرعت فتوسنتز خالص و پروتئین محلول برگ پرچم بعد از گلدهی و با شروع پدیده پیری کاهش یافته و مصرف خارج‌یاسید آبسیزیک پس از گلدهی سرعت پیری را افزایش می‌دهد.

آگروال و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقات خود مشاهده کردند که کاربرد اسید آبسیزیک روی گیاهچه‌های گندم تحت تاثیر تنش شوری سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نظیر کاتالاز و کاهش تخریب غشاهای سلولی تحت تاثیر تنش گردید. همچنین آن‌ها بیان نمودند که ترکیباتی نظیر اسید آبسیزیک

در شرایط تنش با تاثیر گذاری بر غلظت کلسیم درون سلولی سبب فعال شدن مسیرهای درون سلولی منتهی به تولید آنزیم‌های آنتی اکسیدانت می‌گردد.

نواب‌پور (۱۳۹۰) تاثیر محلول پاشی اسید آبسازیک بر فعالیت آنزیم‌ها در گیاه جو را مورد مطالعه قرار داد که در نهایت نتایج ایشان نشان داد که اسید آبسازیک اثر معنی داری بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانتی نظیر کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز داشت.



۳- مواد و روش‌ها

۳-۱- مکان و زمان انجام پژوهش

به منظور بررسی اثرات اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک بر صفات کمی و کیفی گندم نان رقم پیشتاز این پژوهش در سال زراعی ۹۸ - ۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام به اجرا در آمد.

۳-۲- خصوصیات مزرعه آزمایشی

مزرعه آزمایشی دانشگاه صنعتی شاهرود در منطقه بسطام با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۶ متر از سطح دریا واقع شده است. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۱۵۴ میلی‌متر، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه آن به ترتیب ۹.۶- و ۳۹ درجه سانتی‌گراد و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک به شمار می‌رود. بارندگی عمدتاً در فصول پاییز و زمستان و با پراکنش نامنظم رخ می‌دهد. به منظور تعیین بافت خاک، وضعیت عناصر غذایی N-P-K و تشخیص خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از انجام عملیات آماده سازی و اجرای طرح، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در سه نقطه مختلف در هر تکرار نمونه‌گیری صورت گرفت سپس خاک‌ها با هم مخلوط شده و نهایتاً یک نمونه یک کیلوگرمی که گویای تمام سطح مزرعه بود به آزمایشگاه انتقال یافت سپس نمونه نهایی مورد تجزیه قرار گرفت که نتایج به دست آمده در جدول ۳-۱ به شرح زیر گزارش شد. مطابق اطلاعات به دست آمده بافت خاک لومی رسی بود.

جدول ۳-۱- خصوصیات خاک مزرعه آزمایشی									
پارامترهای اندازه‌گیری شده	شن	لای	رس	کربن آلی	نیتروژن	پتاسیم	فسفر	هدایت الکتریکی	اسیدیته اشباع
مقدار	۲۰/۴	۴۸/۴	۳۱/۲	۰/۴	۰/۱۱	۲۸۵	۱۰	۱/۶	۷/۶
واحد	درصد	درصد	درصد	درصد	درصد	ppm	ppm	دسی‌زیمنس	-

۳-۳- طرح آزمایشی و تیمارها

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد، تیمارها شامل سه سطح تنش در کرت‌های اصلی: آبیاری مطلوب، قطع یک دوره آبیاری در مراحل ۵۰ درصد گلدهی و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پر شدن دانه، و فاکتورهای فرعی شامل: محلول‌پاشی دو سطح اسید آبسازیک: صفر و ۱۰۰ ppm و دو سطح اسید جیبرلیک: صفر و ۱۰۰ ppm بودند که در مجموع ۳۶ کرت آزمایشی را شامل شد. کاشت به صورت خطی و هر کرت شامل چهار ردیف پنج متری بود و فاصله بین دو ردیف کشت برابر عرف منطقه و عمق کاشت بذر چهار سانتی‌متر در نظر گرفته شد و فاصله هر کرت آزمایش به صورت دو خط نکاشت منظور شد.

شکل ۳-۱- نقشه طرح آزمایشی (در این شکل A آبیاری کامل مزرعه، B قطع آبیاری مزرعه در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، C قطع آبیاری مزرعه در مرحله ۵۰ درصد پر شدن دانه را نشان می‌دهد. I، II، III، سه تکرار آزمایشی هستند AB1 و AB2 تیمارهای اسید آبسازیک و GA1 و GA2 تیمارهای اسید جیبرلیک می‌باشند).												
I	A				B				C			
	AB1	GA1	AB2	GA2	AB2	GA2	AB1	GA1	GA2	AB2	GA1	AB1
II	B				C				A			
	AB1	AB2	GA1	GA2	GA1	GA2	AB2	AB1	GA2	GA1	AB1	AB2
III	C				A				B			
	AB2	GA2	AB1	GA1	GA2	GA1	AB1	AB2	AB1	GA1	AB2	GA2

۳-۴- روش انجام کار

برای آماده‌سازی قطعه زمین آزمایش در اول پاییز از گاواهن به عمق ۲۵-۲۰ سانتی‌متر استفاده گردید پس از تسطیح مزرعه، میزان بذر به میزان ۴۰۰ بذر در متر مربع کشت شد. تنش به صورت قطع آبیاری در دو مرحله، ۵۰ درصد گلدهی و ۵۰ درصد پر شدن دانه اعمال شد. محلول جیبرلیک‌اسید و آبسازیک‌اسید با استفاده از آب گرم تهیه گردید و در مرحله پنجه‌زنی با استفاده از سم‌پاش دستی انجام شد. پس از محلول‌پاشی اسید

جیبرلیک و اسید آبسیزیک و اعمال تنش، با رسیدگی گیاه به طوری که دانه ها به حالت خمیری سخت در آمدند (رسیدگی فیزیولوژیکی) اقدام به ارزیابی صفات مورفولوژیکی و اجزای عملکرد شد. همچنین صفات بیوشیمیایی نیز قبل از خشک شدن گیاه (قبل از رسیدگی فیزیولوژیکی) و بر روی برگ پرچم مورد ارزیابی قرار گرفت.

۳-۵- نمونه برداری

برای نمونه برداری، دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف گردید. سپس بوته ها به نحوی انتخاب می شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوطه را نشان دهند. بوته های مورد نظر از سطح خاک و از ناحیه طوقه قطع شدند، سپس بوته ها جهت اندازه گیری صفات مورد نظر به سه بخش برگ، ساقه و دانه تقسیم گردید و به صورت جداگانه در داخل پاکت شماره دار گذاشته شد و برای ارزیابی صفات به آزمایشگاه انتقال یافت.

۳-۶- صفات مورد ارزیابی

به طور کلی صفات مد نظر در این پژوهش شامل موارد زیر می باشد:

ارتفاع بوته و طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، کلروفیل a، کلروفیل b، مجموع کلروفیل (a + b)، میزان پرولین، میزان پروتئین محلول، فعالیت آنزیم های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گایاکول پراکسیداز و میزان مالون دی آلدئید، که در ادامه به روش اندازه گیری هر یک از این صفات پرداخته می شود.

۳-۶-۱- ارزیابی صفات مورفولوژیکی

در انتهای دوره رشد با رسیدگی کامل گیاه و بوته ها، تعدادی بوته به طول یک متر از دو ردیف وسطی با حذف ۵۰ سانتی متر اول و آخر ردیف و با حذف حاشیه برداشت گردید و صفات مورفولوژیکی شامل: ارتفاع بوته و طول سنبله بر حسب سانتی متر اندازه گیری شد.

۳-۶-۲- ارزیابی اجزای عملکرد

در انتهای دوره رشد با رسیدگی کامل دانه‌ها، تعداد ۱۰ بوته با در نظر گرفتن حاشیه برداشت گردید و صفاتی از جمله تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه (گرم) اندازه‌گیری شد (گل‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۱). وزن هزار دانه با استفاده از ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد. در انتها عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی برحسب گرم در متر مربع اندازه‌گیری شد و بر اساس کیلوگرم در هکتار برآورد گردید و شاخص برداشت نیز با تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی محاسبه گردید و بر حسب درصد بیان شد.

۳-۶-۳- ارزیابی صفات بیوشیمیایی

۳-۶-۳-۱- پرولین

برای استخراج و سنجش پرولین ۲۰ دیسک از بافت برگ پرچم در ۴ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک آبدار (v/w) ۳ درصد کاملاً ساییده شده تا همگن شود. سپس هموژن به دست آمده توسط کاغذ صافی واتمن شماره ۲ صاف و از محلول حاصل برای سنجش پرولین استفاده شد. ۲ میلی‌لیتر از عصاره صاف شده، با ۲ میلی‌لیتر محلول معرف ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال مخلوط و لوله‌های آزمایش به مدت یک ساعت در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. نمونه‌ها براساس محتوای پرولین به رنگ زرد تا قرمز تغییر رنگ داشتند. بلافاصله نمونه‌ها به ظرف حاوی یخ منتقل شد تا واکنش خاتمه یابد و پس از آن به دمای اتاق منتقل شدند. سپس به محتویات داخل لوله آزمایش ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه نموده و به مدت ۳۰ ثانیه به شدت مخلوط گردید. این عمل موجب دو فازه شدن لوله شد (فاز تولوئن رنگی حاوی پرولین در بالا و فاز آبی شفاف در پایین). پس از مدت ۲۰ دقیقه، جذب نوری محلول فوقانی در ۵۲۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد، غلظت پرولین در محلول محاسبه گردید. در نهایت مقدار پرولین بر اساس میلی‌گرم در گرم وزن‌تر نمونه گیاهی مطابق رابطه (۳-۱) زیر محاسبه گردید (بیتس و همکاران ۱۹۸۸)

$$\text{میلی گرم در گرم وزن تر} = \left(\frac{\text{Mg prolin}}{\text{ml}} \times \frac{\text{ml toloen}}{115.5 \left(\frac{\text{mg}}{\text{ml}} \right)} \right) / \left(\frac{\text{gr sample}}{5} \right) \quad (\text{رابطه ۳-۱})$$

جهت تهیه معرف ناین هیدرین ۱/۲۵ گرم ناین هیدرین را در ۵۰ میلی‌لیتر محلول شامل ۳۰ میلی‌لیتر اسید استیک خالص و ۲۰ میلی‌لیتر اسید فسفریک ۶ مولار حل شده و با گرم کردن تدریجی و هم زدن به خوبی مخلوط شدند.

برای تهیه منحنی استاندارد از پرولین خالص (L-پرولین) استفاده گردید. برای این منظور ابتدا ۰/۰۱ گرم از پودر پرولین خالص را وزن نموده و با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم. از این محلول پایه در ۱۱ لوله آزمایش به ترتیب به حجم‌های ۰-۰.۵-۱-۱.۵-۲-۲.۵-۳-۳.۵-۴-۴.۵-۵ میلی‌لیتر از این محلول ریخته شد و حجم نهایی با آب مقطر به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد تا به ترتیب محلول‌های ۰-۲-۴-۶-۸-۱۰-۱۲-۱۴-۱۶-۱۸-۲۰ میلی‌گرم در میلی‌لیتر از پرولین به دست آمدند. سپس مشابه روش سنجش پرولین ۲ میلی‌لیتر از محلول فوق در یک لوله آزمایش با ۲ میلی‌لیتر محلول اسید ناین هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسیداستیک مخلوط و به مدت یک ساعت در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. نمونه‌ها بر اساس محتوای پرولین به رنگ زرد تا قرمز تغییر رنگ یافتند سپس بلافاصله به ظرف حاوی یخ منتقل شدند تا واکنش خاتمه یابد و بعد به دمای اتاق منتقل شدند. پس از آن به محتوای داخل لوله ۴ میلی‌لیتر تولوئن اضافه گردیده و به مدت ۳۰ ثانیه به شدت تکان داده می‌شود. این عمل موجب دو فاز شدن محتوی لوله شد (فاز آلی حاوی پرولین در بالا و فاز آبی شفاف در پایین) پس از ۲۰ دقیقه جذب نوری محلول فوقانی در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت گردید و در نهایت بر اساس میزان جذب و غلظت پرولین تهیه شده در نمونه‌ها نمودار استاندارد ترسیم گردید.

۳-۶-۳-۲- مالون‌دی‌آلدئید

ارزیابی محتوای مالون‌دی‌آلدئید که شاخص پراکسیداسیون لیپیدی در طی تنش‌ها و همچنین معیاری برای سنجش تأثیر تنش می‌باشد، با استفاده از روش پوفام و نواچی (۱۹۹۱) اندازه‌گیری شد. در این روش ۰.۲ گرم بافت تر گیاهی (برگ) در ۵ میلی‌لیتر تری کلرو استیک اسید یک درصد سائیده شد و به داخل لوله

آزمایش انتقال یافت، سپس نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در دور ۸۰۰۰g سانتریفیوژ شدند. یک میلی‌لیتر از فاز بالایی نمونه‌های سانتریفیوژ شده در لوله‌های آزمایش که حاوی چهار میلی‌لیتر محلول ۲۰ درصد تری کلرو استیک اسید در ۰.۵ درصد تیوباربیتوریک اسید بودند، ریخته شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در بن ماری در دمای ۹۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند و سریعاً در آب یخ سرد شدند. سپس به مدت ۵ دقیقه در دور ۸۰۰۰ سانتریفیوژ گردید و در نهایت جذب آن در طول موج ۵۳۲ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید و در نهایت میزان مالون‌دی‌آلدئید با استفاده از رابطه (۲-۳) محاسبه شد:

$$\text{MDA } (\mu\text{mol/g FW}) = (A_{532} - A_{600/155}) \times 1000 \quad \text{رابطه (۲-۳)}$$

۳-۳-۶-۳- میزان کلروفیل

جهت اندازه‌گیری کلروفیل a و b ابتدا ۰/۲ گرم برگ پرچم انتخاب شده و درون یک هاون چینی ریخته و به آن یک گرم سولفات منیزیم و ۱۰ میلی‌لیتر استون ۱۰۰ درصد اضافه گردید و در هاون ساییده شد تا حالت خمیری به دست آمد. هاون مربوطه در داخل ظرف آب و یخ قرار داده شد. شرایط آزمایشگاه کاملاً تاریک بود تا فعل و انفعالات شیمیایی به حداقل برسد. سپس خمیر حاصله را برداشته و در داخل سانتریفیوژ با ۲۵۰۰ دور در دقیقه و به مدت پنج دقیقه قرار داده و عمل سانتریفیوژ انجام شد، سپس مقدار یک سی‌سی از این عصاره بالایی از محتوای لوله سانتریفیوژ را با نه میلی‌لیتر استون داخل سل‌های دستگاه اسپکتروفتومتر ریخته و در طول موج‌های ۶۴۷ نانومتر برای کلروفیل a و ۶۶۳ نانومتر برای کلروفیل b میزان جذب نور قرائت گردید و از فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b محاسبه شد، ضمناً دستگاه قبل از آزمایش با استون خالص کالیبره گردید (زانگ، ۱۹۹۰).

$$\text{Chl a} = (12.25 \times A_{663}) - (2.79 \times A_{647}) \quad \text{رابطه (۳-۳)}$$

$$\text{Chl b} = (21.5 \times A_{647}) - (5.1 \times A_{663}) \quad \text{رابطه (۳-۴)}$$

$$\text{Chl t} = \text{chl a} + \text{chl b} \quad \text{رابطه (۳-۵)}$$

اعداد به دست آمده از روابط در $V/(W * 1000)$ ضرب گردیدند تا اعداد بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر به دست آید. V حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی گرم و W وزن برگ بر حسب گرم می باشد.

۳-۶-۳- پروتئین محلول در برگ

جهت استخراج پروتئین محلول، دو گرم بافت تر برگ در حضور بافر استخراج (تریس اسید کلریدریک $pH=7.5$) له و برای رنگ آمیزی از کوماسی برلیانت بلو جی ۲۵۰ استفاده شد. به منظور عصاره گیری، مخلوط حاصل به لوله های سانتریفیوژ انتقال یافت و در ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. در ادامه غلظت پروتئین های محلول کل طبق روش برادفورد (۱۹۷۹) محاسبه گردید. جهت رسم منحنی استاندارد از غلظت های مختلف پروتئین آلبومین سرم گاوی (BSA) استفاده شد.

۳-۶-۳- کاتالاز

به منظور اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز از روش آبی (۱۹۸۴) ستفاده شد. مخلوط سه محلول (شامل ۷۵۰ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۷۰ میلی مولار محلول در فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار با $pH=7$ ، ۷۵۰ میکرولیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی مولار با $pH=7$ و ۱۵۰۰ میکرولیتر آب دو بار تقطیر) به اضافه ۲۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی در یک کیووت کوارتز ۳ میلی لیتری ریخته شده و با قراردادن در دستگاه اسپکتروفتومتر فعالیت آنزیم کاتالاز در طول موج ۲۴۰ نانومتر و در مدت زمان واکنش 180 ثانیه اندازه گیری شد.

۳-۶-۳- آسکوربات پراکسیداز

برای ارزیابی فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از روش رانیری و همکاران (۲۰۰۳) استفاده شد. محیط واکنش دای 600 میکرولیتر از EDTA ۰/۱ میلی مولار ۱۵۰۰ میکرولیتر بافر فسفات ۵۰ میلی مولار ($pH=7$) ۴۰۰ میکرو لیتر آسکوربیک اسید ۰.۵ میلی مولار، ۴۰۰ میکرولیتر $30H_2O_2$ درصد و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی می باشد، سنجش فعالیت آنزیم در طول دو دقیقه با فاصله های زمانی بیست ثانیه ای ثبت گردید. در

نتیجه واکنش بین اسید آسکوربیک و H_2O_2 در حضور آنزیم آسکوربات پراکسیداز دهیدرو آسکوربات تولید شد که در طول موج 290 نانومتر قرائت و داده‌ها به صورت مول آسکوربات اکسیده شده در میلی گرم پروتئین در دقیقه گزارش شد.

۳-۶-۷- گایاکول پراکسیداز

جهت ارزیابی میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز، کمپلکس واکنشی شامل بافر فسفات، EDTA، گایاکول، پراکسید هیدروژن و محلول آنزیمی استخراج شده می‌باشد، افزایش جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر به مدت یک دقیقه ثبت گردید و با استفاده از ضریب خاموشی $m\mu-1cm$ 1 ۲۶/۶ اندازه‌گیری شد (یوشیمورا و همکاران، ۲۰۰۰).

۳-۷- تجزیه و تحلیل آماری

در نهایت برای آنالیز تجزیه واریانس صفات از نرم افزار MSTAT-C استفاده گردید. مقایسه میانگین صفات بر اساس آزمون LSD انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel2007 ترسیم شدند.



۴- نتایج و بحث

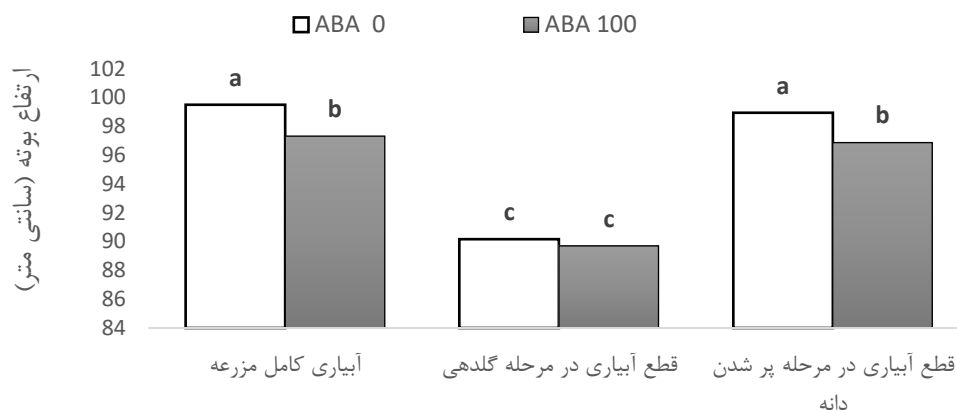
۴-۱- صفات مورفولوژیکی

۴-۱-۱- ارتفاع بوته

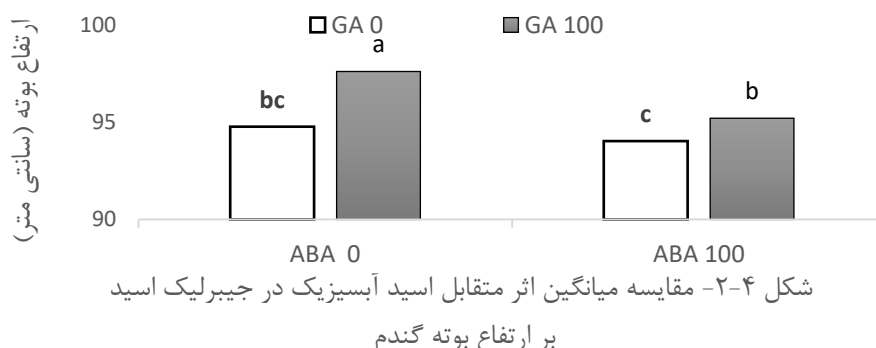
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که به استثنای اثر متقابل سه جانبه تیمارها، سایر تیمارهای اعم از اثرات متقابل دوجانبه و اثرات اصلی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشتند (جدول ۴-۱ پیوست). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قطع آبیاری در مرحله گلدهی منجر به کاهش معنی‌داری ارتفاع بوته می‌گردد، اگرچه بین قطع آبیاری در مرحله پرشدن دانه و آبیاری کامل در شرایط کاربرد و عدم کاربرد اسید آبسازیک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در هر دو شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پر شدن دانه همراه با کاربرد اسید آبسازیک، کاهش معنی‌داری در ارتفاع بوته نسبت به عدم کاربرد این هورمون مشاهده شد (شکل ۴-۱). همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین، وجود تأثیر مثبت اسید جیبرلیک و اثر منفی اسید آبسازیک بر ارتفاع بوته تایید شد (شکل ۴-۲)، به طوری که بیشترین ارتفاع بوته در زمان کاربرد اسید جیبرلیک با غلظت ۱۰۰ ppm و کمترین ارتفاع بوته در شرایط عدم کاربرد اسید جیبرلیک ثبت گردید. در ضمن، اختلاف معنی‌داری بین عدم کاربرد و کاربرد اسید آبسازیک ۱۰۰ ppm در شرایط بدون اسید جیبرلیک مشاهده نشد. نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققین مبنی بر تأثیر منفی تنش خشکی بر ارتفاع بوته مطابقت دارد (پیراسته انوشه و امام، ۲۰۱۱ و اکبری و همکاران، ۲۰۱۸). یکی از مهمترین تأثیرات آغاز رشد ساقه از طریق طولیل شدن سلول و تقسیم سلولی است (باری و جونیس، ۲۰۰۹). تحقیقات نشان داده است که اسید جیبرلیک از طریق آماس مناسب سلول‌ها، افزایش تقسیم، طولیل شدن و تمایز سلولی، تخصیص بیشتر مواد سنتز شده جهت رشد و طولانی‌تر شدن دوره رشد گیاه، می‌توانند باعث توسعه عادی سلول‌ها و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه شود (شهریاری و همکاران، ۲۰۱۸). در خصوص اثر منفی اسید آبسازیک بر ارتفاع بوته، باید خاطر نشان کرد که این هورمون به گونه‌ای فعال، در بازدارندگی رشد و نمو، تحریک مرگ

برگ و خواب بذرو کنترل باز و بسته شدن روزنه‌ها و تنظیم رطوبت نسبی گیاه موثر می‌باشد (داویس،

۲۰۱۳).



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید آبسازیک بر ارتفاع بوته

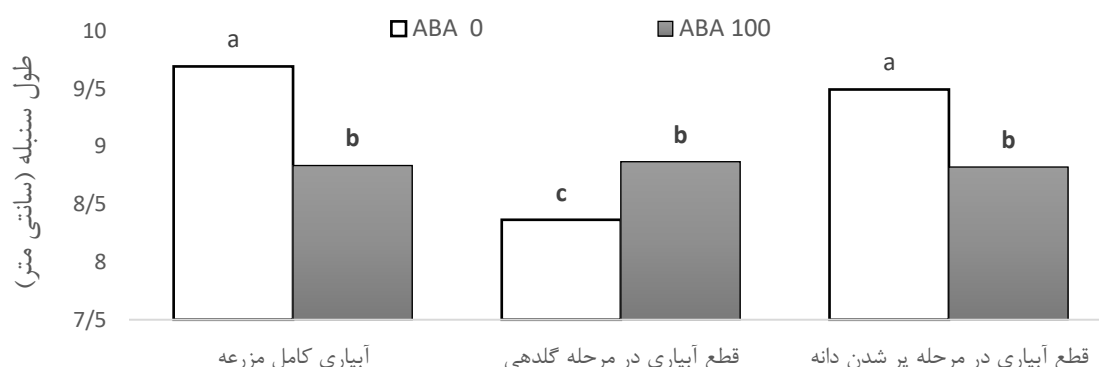


شکل ۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید آبسازیک در جیبرلیک اسید بر ارتفاع بوته گندم

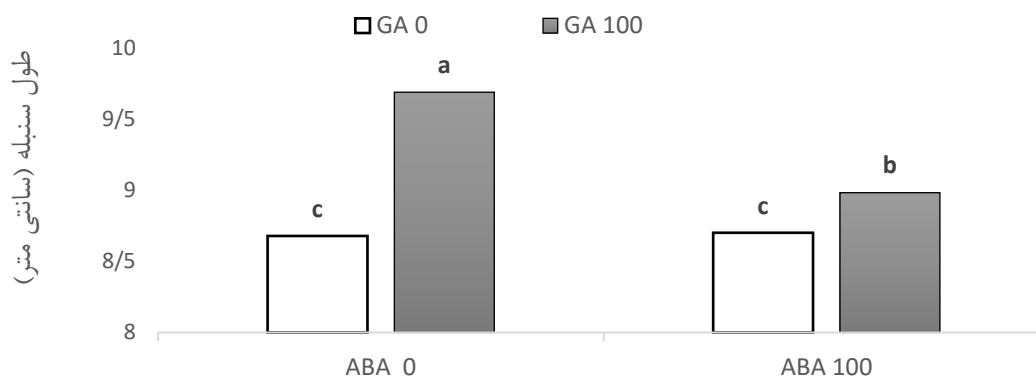
۴-۱-۲- طول سنبله

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثر متقابل اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک و همچنین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید آبسازیک بر طول سنبله گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴-۱ پیوست). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری و اسید آبسازیک بر طول سنبله نشان داد بیشترین طول سنبله در شرایط بدون کاربرد اسید آبسازیک و آبیاری کامل مزرعه مشاهده شد (که با تنش قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند). همچنین کمترین طول سنبله گندم در شرایط تنش

در مرحله گلدهی و بدون کاربرد هورمون مشاهده شد (شکل ۴-۳). این نتایج نشان داد که مرحله گلدهی در گندم حتی با کاربرد اسید آبسازیک نسبت به تنش خشکی حساس است. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل هورمون‌ها بر طول سنبله نشان داد که بیشترین طول سنبله در شرایط کاربرد اسید جیبرلیک (۱۰۰ ppm) و عدم کاربرد اسید آبسازیک (0 ppm) مشاهده شد (شکل ۴-۴). صابری و همکاران (۱۳۹۵) کاهش طول سنبله در لاین‌های امید بخش جو را تحت شرایط قطع آبیاری در مرحله سنبله‌دهی گزارش کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. پیرواتلو و همکاران (۲۰۱۰) بر نقش تنظیم‌کننده در فتوسنتز سنبله به‌منظور جلوگیری از افت شدید عملکرد در شرایط تنش خشکی تاکید کردند. بنابراین به‌دلیل قرارگیری مخازن بر روی سنبله، طول بیشتر آن، از اهمیت بالایی در عملکرد دانه گندم برخوردار است. بر اساس نتایج مربوط به اثر متقابل اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک بر طول سنبله (شکل ۴-۴)، مشخص شد که کاربرد اسید جیبرلیک در مقایسه با تیمار شاهد و همچنین در مقایسه با تیمار اسید آبسازیک موجب افزایش طول سنبله در گندم شده است. اسید جیبرلیک علاوه بر تحریک رشد گیاه، موجب افزایش توان فتوسنتز، افزایش رشد طولی سنبله و بردباری در برابر تنش خشکی می‌شود (اشرف و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین مطالعات کاربرد سطوح جیبرلین نشان دهنده‌ی افزایش سطح این هورمون در زمان گل‌انگیزی است که می‌تواند نمو زایشی گیاه را تحت تاثیر قرار دهد (کینگ و اوانس، ۲۰۰۳).



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید آبسازیک بر طول سنبله گندم نان



شکل ۴-۴- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید آبسازیک در اسید جیبرلیک بر طول سنبله گندم

۲-۴- اجزای عملکرد گندم

۴-۲-۱- تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۲ پیوست) نشان داد که اثر متقابل سه‌جانبه تیمارها، اثرات متقابل دو جانبه و همچنین اثرات اصلی تیمارها بر تعداد دانه در سنبله گندم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سه‌گانه قطع آبیاری، اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک بر تعداد دانه در سنبله نیز بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی بود (جدول ۴-۳). اعمال قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی منجر به کاهش تعداد دانه گردید. کاربرد هورمون اسید جیبرلیک و اسید آبسازیک در این شرایط به ترتیب باعث افزایش و کاهش تعداد دانه در سنبله شدند. بیشترین تعداد دانه در سنبله در شرایط آبیاری کامل مزرعه، بدون کاربرد اسید آبسازیک (۰ ppm) و کاربرد اسید جیبرلیک (۱۰۰ ppm) مشاهده شد که با سایر تیمارها در شرایط آبیاری کامل مزرعه اختلاف معنی‌داری داشت. در مقابل، کمترین تعداد دانه در سنبله در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی با کاربرد اسید آبسازیک و عدم کاربرد اسید جیبرلیک مشاهده شد. این نتایج تأییدکننده نقش بسیار معنی‌دار تنش در مرحله گلدهی بر اجزاء عملکرد است. معتضدی و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی ژنوتیپ‌های گندم نان تحت شرایط محدودیت رطوبتی گزارش کردند که وقوع تنش موجب کاهش تعداد دانه می‌گردد. کاهش تعداد دانه در شرایط تنش خشکی به علت سقط تعدادی از سنبله‌های بارور در این شرایط و احتمالاً پرنشیدن تعدادی از دانه‌ها و یا کوچک ماندن آن‌ها در اثر

محدودیت مواد فتوسنتزی و در نتیجه ثبت نشدن آن‌ها در شمارش دانه‌ها رخ می‌دهد (سعیدی و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات کاربرد سطوح مختلف اسید جیبرلیک نیز نشان‌دهنده افزایش محتوی سطح این هورمون در زمان گل‌انگیزی است که می‌تواند نمو زایشی گیاه را کنترل نماید (کینگ و اوانس، ۲۰۰۳).

جدول ۴-۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری، اسید آبسزیک و اسید جیبرلیک بر تعداد دانه در سنبله

تنش قطع آبیاری	اسید آبسزیک	اسید جیبرلیک	تعداد دانه در سنبله
آبیاری کامل مزرعه	صفر	صفر	c ۴۵/۱۴
		۱۰۰	a ۴۸/۱۴
		صفر	c ۴۵/۳۲
		۱۰۰	b ۴۷/۳۳
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	صفر	صفر	f ۳۹/۱۵
		۱۰۰	cd ۴۴/۸
		صفر	e ۴۳/۵۷
		۱۰۰	de ۴۴
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه	صفر	صفر	c ۴۴/۹
		۱۰۰	ab ۴۷/۸۳
		صفر	c ۴۴/۸۶
		۱۰۰	b ۴۷/۱۳

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

۴-۲-۲- وزن هزار دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، وزن هزار دانه گندم تحت تأثیر اثرات متقابل سه‌جانبه تیمارهای آزمایشی در سطح احتمال پنج درصد قرار گرفت، اثرات متقابل دو جانبه اسید آبسزیک و اسید جیبرلیک و همچنین اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی بر وزن هزار دانه معنی‌دار گردید (جدول ۴-۲ پیوست). نتایج مقایسه میانگین‌ها ثابت نمود که تیمارهای آزمایشی اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشتند، اعمال قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد پر شدن دانه موجب کاهش وزن هزار دانه و اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی موجب افزایش وزن هزار دانه گندم شد همچنین در این پژوهش اسید جیبرلیک تأثیر مثبت و اسید آبسزیک تأثیر منفی در افزایش وزن هزار دانه گندم نشان داد. (جدول ۴-۴). در این راستا مطالعات نشان داده است که علاوه بر شدت و طول دوره تنش خشکی، مرحله‌ای رشدی گیاه نیز در میزان تأثیر تنش آب بر رشد و عملکرد گیاه حائز

اهمیت است (علوی‌فاضل و همکاران، ۱۳۹۰). دستبندان‌نژاد و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند که در گیاه ذرت ۷۰۴ با وقوع تنش در مرحله گرده‌افشانی، بسیاری از دانه‌های گرده عقیم خواهند شد و در نتیجه تعداد دانه نیز کاهش می‌یابد. کاهش تعداد دانه منجر به افزایش وزن دانه می‌گردد، که با نتایج حاصل از این پژوهش هماهنگی دارد. تنش آبی با اثر بر فرایند باز شدن روزنه‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش داده و به طور مستقیم موجب کاهش وزن دانه‌ها (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) شود (زالاتیو و لیدون، ۲۰۱۲؛ یان و همکاران، ۲۰۱۶). کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه در تیمار تنش آبی در مرحله پر شدن دانه را می‌توان به تولید دانه‌های چروکیده با وزن کمتر نسبت داد (کامان و همکاران، ۲۰۱۱). بالاترین وزن هزار دانه گندم با ایجاد تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، کاربرد غلظت ۱۰۰ ppm اسید جیبرلیک و بدون مصرف اسید آبسزیک مشاهده شد (۴۷/۰۲ گرم). محبتی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که کاربرد هورمون جیبرلین باعث افزایش معنی‌دار وزن دانه در ارقام برنج می‌گردد. اثر مثبت کاربرد خارجی هورمون بر تعداد دانه را در مرحله گلدهی می‌توان به نقش مثبت آن در افزایش طول مریستم و تعداد سنبلیچه تمایز یافته نسبت داد که در مرحله پر شدن دانه نیز با بهبود تقسیم سلولی موجب وزن دانه بیشتر شده‌اند (سینکلایر و جامیسون، ۲۰۰۶).

جدول ۴-۴- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری، اسید آبسزیک و اسید

جیبرلیک بر وزن هزار دانه گندم

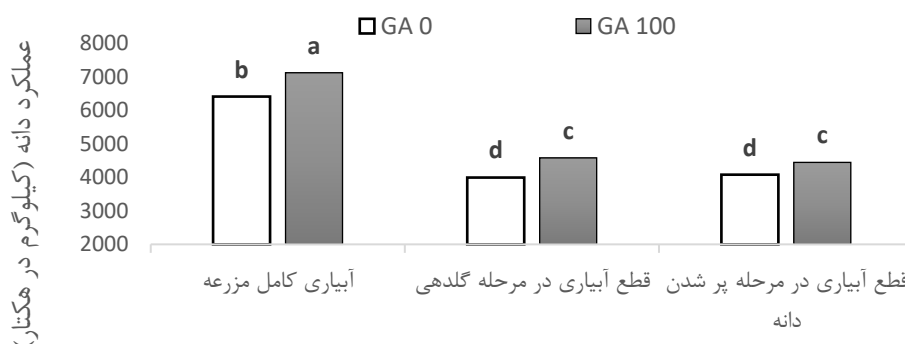
تنش خشکی	اسید آبسزیک	اسید جیبرلیک	وزن هزار دانه (گرم)
آبیاری کامل مزرعه	صفر	صفر	۴۲/۷۸ d
	۱۰۰	۱۰۰	۴۷/۲۹ a
	صفر	صفر	۴۲/۶۲ d
	۱۰۰	۱۰۰	۴۳/۷۳ c
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	صفر	صفر	۴۵/۷۱ b
	۱۰۰	۱۰۰	۴۷/۰۲ a
	صفر	صفر	۴۱/۲۱ d
	۱۰۰	۱۰۰	۴۳/۷ c
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه	صفر	صفر	۳۰/۸۳ g
	۱۰۰	۱۰۰	۳۵/۲۹ e
	صفر	صفر	۳۰/۷۶ g
	۱۰۰	۱۰۰	۳۴/۳۳ f

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌دار با یکدیگر ندارند.

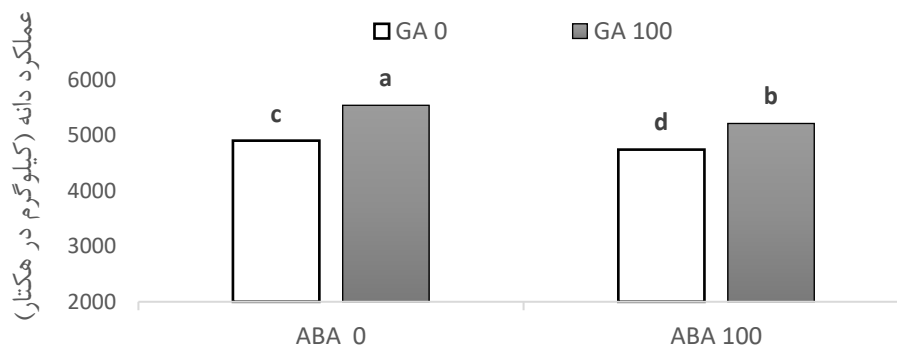
۴-۲-۳- عملکرد دانه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۲ پیوست)، اثر متقابل اسید جیبرلیک در اسید آبسزیک، اثر متقابل قطع آبیاری در اسید جیبرلیک، اثر متقابل قطع آبیاری در آبسزیک اسید و هخمنین اثرات اصلی تیمارها بر عملکرد دانه معنی دار بود و اثرات متقابل سه جانبه تیمارها بر عملکرد دانه معنی دار نشد. در ادامه نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل‌های ۴-۵ و ۴-۶) نیز بیانگر اثرات منفی قطع آبیاری بر عملکرد دانه در گندم نان بودند به طوری که قطع آبیاری در مرحله گلدهی و همچنین قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه به یک اندازه در کاهش عملکرد دانه نقش داشتند. بر اساس نتایج این بخش کاربرد جیبرلیک اسید هم در شرایط تنش و هم در شرایط نرمال آبیاری افزایش عملکرد دانه را به دنبال داشت، در حالی که تیمار گیاهان با اسید آبسزیک در مقایسه با تیمار شاهد اثر معنی داری بر عملکرد دانه نشان نداد. کاهش عملکرد دانه گندم تحت شرایط تنش رطوبتی با یافته‌های دستبندان‌نژاد و همکاران (۱۳۹۹) در گیاه ذرت همخوانی دارد. با توجه به اینکه ساقه‌ها مهمترین منبع کربوهیدرات‌ها در زمان پر شدن دانه‌ها می‌باشند، با کاهش فتوسنتز در شرایط تنش خشکی میزان این ذخایر کاهش می‌یابد و ضمن بروز اثرات منفی بر طول و قطر ساقه، تعداد دانه، بر پر شدن دانه و در نتیجه وزن دانه‌ها و در نهایت عملکرد نیز تأثیر گزار است. محققین علت بالاتر بودن عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل نسبت به سایر سطوح آبیاری را وجود آب کافی در خاک می‌دانند، که بر جذب آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه تأثیر می‌گذارد و در نتیجه در این حالت گیاه از رنگیزه‌های فتوسنتزی بالاتر و فتوسنتز و ماده‌سازی بیشتر و به تبع آن رشد و عملکرد بالاتری برخوردار می‌باشد (باصر کوچه باغ و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین برخی پژوهشگران مهم‌ترین دلیل افت عملکرد در شرایط تنش را به کاهش تعداد دانه‌ها به دلیل خشک شدن دانه کرده نسبت داده‌اند (امام، ۲۰۱۱). به طور کلی در این پژوهش بیشترین عملکرد دانه با آبیاری کامل مزرعه و مصرف ۱۰۰ ppm اسید جیبرلیک و بدون مصرف اسید آبسزیک مشاهده شد (۷۱۱۹ کیلوگرم در هکتار). به نظر می‌رسد که هورمون اسید آبسزیک از طریق بسته شدن روزنه هوایی مانع فتوسنتز جاری برگ می‌گردد که در نهایت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. از آنجایی که مقدار قندهای ذخیره

شده‌ای که از ساقه در مرحله پرشدن به دانه منتقل می‌شوند، به ارتفاع گیاه بستگی دارد و کوتاه بودن ارتفاع می‌تواند این مورد را محدود کند، کاربرد هورمون‌های گیاهی می‌تواند با افزایش سرعت فتوسنتز و انتقال بیشتر مواد آسمیلات به دانه‌ها باعث بهبود وزن دانه و عملکرد دانه گیاه شوند (خداری، ۲۰۰۴). همچنین در پژوهش دیگری نیز گزارش شده است که مصرف مواد محرک رشد به صورت کاربرد برگی باعث افزایش عملکرد می‌شوند. در حقیقت مواد محرک رشد منجر به افزایش جذب مواد ریزمغذی و اسیدهای مورد نیاز گیاه می‌شوند (که در بسیاری از موارد در خاک کمبود آن‌ها احساس می‌شود). تغییرپذیری میزان رشد به‌وسیله جیبرلین‌ها ممکن است بدلیل افزایش در سطح مؤثر برگ، تحریک میزان فتوسنتز، افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها یا تغییر در توزیع مواد فتوسنتزی و یا اثر مشارکتی این موارد باشد. از طرفی جیبرلین‌ها با تحریک فعالیت برخی آنزیم‌های پروتئاز موجب تبدیل پروتئین‌ها به اسیدهای آمینه از جمله تریپتوفان (پیش‌ساز اکسین) می‌شوند، بنابراین در برخی موارد اثرات آن ممکن است به‌صورت غیر مستقیم یعنی از طریق اکسین نیز اعمال شود (اکبری چارماهینی و معلمی، ۲۰۱۰).



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید جیبرلیک بر عملکرد دانه گندم

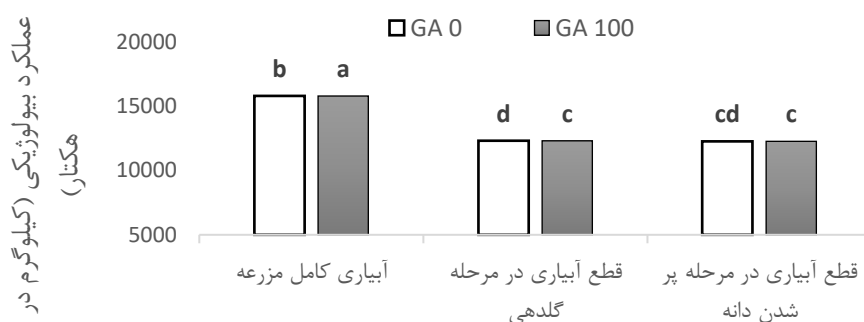


شکل ۴-۶- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید آبسازیک در اسید جیبرلیک بر عملکرد دانه گندم

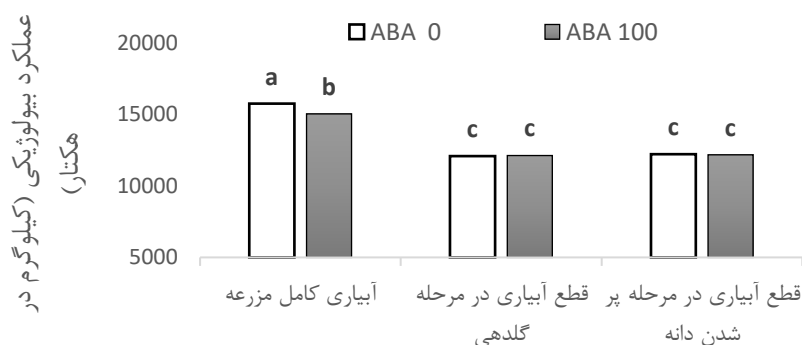
۴-۲-۴- عملکرد بیولوژیکی

نتایج جداول تجزیه واریانس (جدول ۴-۲ پیوست) نشان داد که اثر متقابل قطع آبیاری در اسید جیبرلیک (در سطح پنج درصد) و اثر متقابل قطع آبیاری در اسید آبسازیک (در سطح یک درصد) و همچنین اثرات اصلی تیمارها بر عملکرد بیولوژیکی معنی دار بودند و اثرات متقابل سه جانبه قطع آبیاری، اسید جیبرلیک و اسید آبسازیک و همچنین اثر متقابل دوگانه اسید آبسازیک در اسید جیبرلیک بر عملکرد بیولوژیکی تأثیر معنی داری نداشت، همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین نیز نشان داد که عملکرد بیولوژیکی تحت تأثیر اثر متقابل تنش خشکی در اسید جیبرلیک، و تنش خشکی در اسید آبسازیک قرار گرفت. در حقیقت، تنش قطع آبیاری هم در مرحله پر شدن دانه و هم در مرحله گلدهی تأثیر منفی بر عملکرد بیولوژیکی داشتند. این کاهش عملکرد توسط باسو و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش شده است که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. در این پژوهش، کاربرد اسید جیبرلیک و اسید آبسازیک در مقایسه با شاهد به ترتیب موجب افزایش و کاهش عملکرد بیولوژیکی شدند (شکل‌های ۴-۷ و ۴-۸). به عقیده برخی محققین، کاهش معنی دار عملکرد بیولوژیکی در اثر تیمار با اسید آبسازیک و افزایش عملکرد بیولوژیکی بعد از کاربرد اسید جیبرلیک در مرحله گلدهی نشان‌دهنده اثرات ناهمسازی این دو تنظیم کننده رشد بر فرایندهای رشدی گیاه است (یانگ و همکاران، ۲۰۰۲). تحقیقات نشان داده است که تیمار اسید جیبرلیک در غلظت مناسب موجب افزایش محصول می‌گردد (شارما و سینگ، ۲۰۰۹). همچنین به عقیده محققین اثر مثبت جیبرلین روی

عملکرد بیولوژیکی در رابطه با بهبود و افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش فتوسنتز گزارش شده است (اشرف و همکاران، ۲۰۰۲). کاربرد اسید آبسزیک به صورت محلول پاشی به وسیله تحریک فرآیند پیری و کاهش ظرفیت فتوسنتزی موجب کاهش تولید ماده خشک می گردد. افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه در واحد سطح از طریق افزایش ارتفاع، ایستادگی و تراکم بوته نیز امکانپذیر می باشد (امامی و همکاران، ۲۰۱۲). بهطور کلی در این پژوهش تیمار آبیاری کامل مزرعه و مصرف ۱۰۰ ppm اسید جیبرلیک بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک (۱۵۸۱۰ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص دادند (شکل ۴-۷).



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید جیبرلیک بر عملکرد بیولوژیکی گندم



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش در اسید آبسزیک بر عملکرد بیولوژیکی گندم

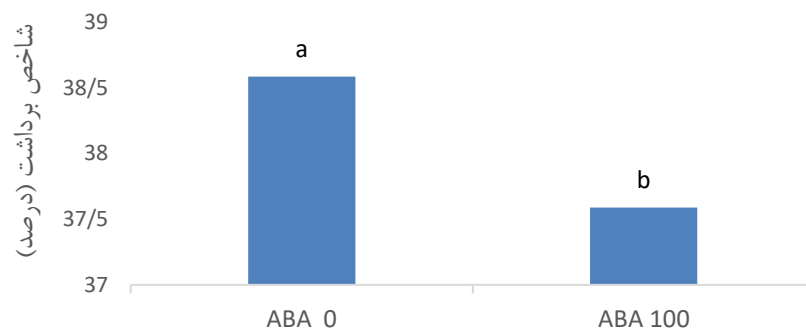
۴-۲-۵- شاخص برداشت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با اجزای عملکرد گندم در این پژوهش، مشخص شد که شاخص برداشت تحت تأثیر اثرات اصلی تیمارهای قطع آبیاری، کاربرد اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک قرار

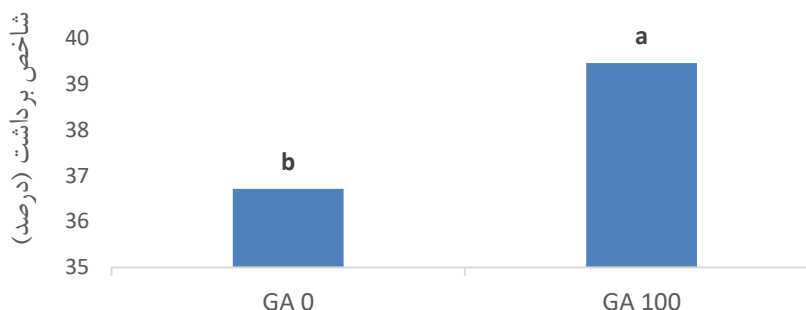
می‌گیرد (جدول ۴-۲ پیوست). همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف قطع آبیاری، کاربرد اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک از نظر صفت شاخص برداشت گندم اختلاف معنی‌داری وجود دارد. اعمال تنش در زمان گلدهی و پرشدن دانه، شاخص برداشت گندم را به طور قابل توجهی کاهش دادند (شکل ۴-۹). در این راستا برخی محققین نیز بیان کردند که تنش خشکی سبب کاهش شاخص برداشت می‌گردد (حسین و همکاران، ۲۰۰۸). مکومبی و همکاران (۲۰۱۰) عنوان کردند که، میزان فتوسنتز خالص، عملکرد دانه و شاخص برداشت در اثر تنش خشکی در ذرت کاهش یافت. در پژوهش حاضر، کاربرد اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک به ترتیب منجر به افزایش و کاهش شاخص برداشت شدند (شکل ۴-۱۰ و ۴-۱۱). در این راستا هنرمند و همکاران (۱۳۹۵) اثر معنی‌دار اسید جیبرلیک بر شاخص برداشت در ارقام مختلف گندم را گزارش کردند. از آنجایی که هورمون‌ها از مهمترین عوامل تنظیم‌کننده رشد گیاهان زراعی در پاسخ به عوامل محیطی و ژنتیکی محسوب می‌شوند (بوزگل و همکاران، ۲۰۰۶)، لذا در این تحقیق نیز هورمون اسید جیبرلیک نمو زایشی گندم را تحت تاثیر قرار داد. با توجه به اینکه مقادیر شاخص برداشت به مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک تولید شده بستگی دارد، بنابراین این هورمون با تحت تأثیر قرار دادن عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بر روی شاخص برداشت نیز تاثیرگذار بوده است.



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر شاخص برداشت گندم



شکل ۱۰-۴- مقایسه میانگین اثر اسید آبسزیک بر شاخص برداشت گندم



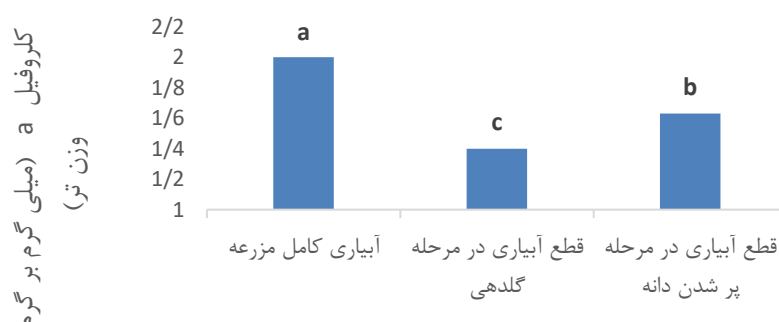
شکل ۱۱-۴- مقایسه میانگین اثر اسید جیبرلیک بر شاخص برداشت گندم

۳-۴- صفات فیزیولوژیکی

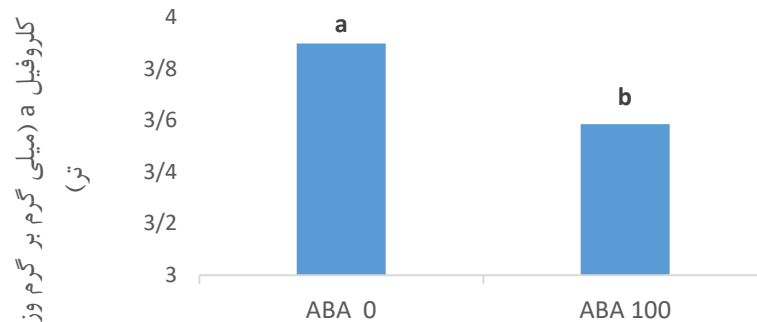
۱-۳-۴- کلروفیل کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۵ پیوست) نشان داد که اثر ساده تنش قطع آبیاری، اسید آبسزیک و اسید جیبرلیک بر محتوی کلروفیل a، کلروفیل b و مجموع کلروفیل در سطح یک درصد معنی دار بودند. همچنین نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمارهای آزمایشی از نظر محتوی کلروفیل a، کلروفیل b و مجموع کلروفیل اختلاف معنی دار وجود داشت. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که، تنش خشکی به صورت قطع آبیاری در مرحله گلدهی و همچنین در مرحله پر شدن دانه موجب کاهش معنی داری محتوی کلروفیل می‌گردد (شکل‌های ۴-۱۲، ۴-۱۵ و ۴-۱۸). بیشترین محتوی کلروفیل در شرایط آبیاری کامل مزرعه و کمترین میزان آن در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی مشاهده شد. کاهش معنی دار کلروفیل a، کلروفیل b و مجموع کلروفیل (b+a) با اعمال تنش خشکی توسط محرم‌نژاد و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است. همچنین در

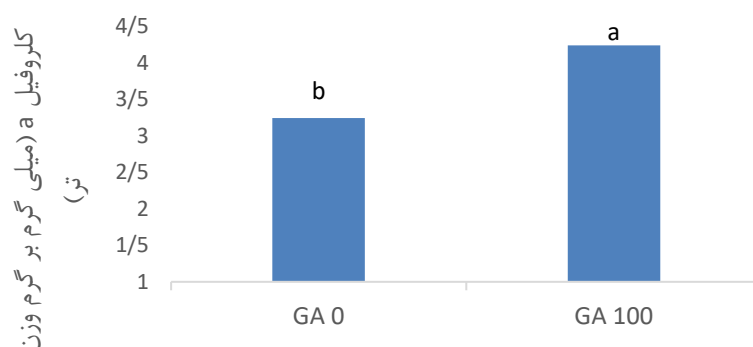
مطالعه دیگری، تنش خشکی باعث کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل) در گندم دوروم شده است (حسنپور و همکاران، ۱۳۹۴) که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌ها در شکل‌های ۴-۱۳، ۴-۱۶ و ۴-۱۹، اثر معنی‌دار هورمون اسید آبسازیک بر محتوای کلروفیل را نشان می‌دهد به طوری اسید آبسازیک موجب کاهش میزان کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل شده است. در شکل‌های ۴-۱۴، ۴-۱۷ و ۴-۲۰، هورمون اسید جیبرلیک تأثیر مثبت و معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، b و مجموع کلروفیل داشته است. بر طبق این نتایج مشخص شد، که اسید جیبرلیک ۱۰۰ ppm در مقایسه با تیمار شاهد (بدون مصرف اسید جیبرلیک) اثر مثبت و اسید آبسازیک نقش منفی در افزایش محتوای کلروفیل داشتند. برخی محققین نشان دادند که اسید جیبرلیک تجزیه کلروفیل برگ را به تاخیر می‌اندازد و موجب افزایش محتوای کلروفیل می‌شود (برهو، ۲۰۰۰). همچنین در مطالعه دیگری، محلول‌پاشی با اسید آبسازیک در گندم منجر به کاهش مقادیر نسبی کلروفیل شد (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۵). قاسمی گل‌زانی و همکاران (۲۰۱۸) نیز اظهار داشتند که اسید آبسازیک، موجب کاهش سرعت فتوسنتز و محتوای کلروفیل برگ زنیان (به دلیل اثر این هورمون بر زوال و پیری برگ) می‌شود. ژانگ و همکاران (۲۰۰۵) و زی و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که مصرف اسید آبسازیک در طول دوره رشد دانه در گندم موجب کاهش میزان کلروفیل و فتوسنتز گردید.



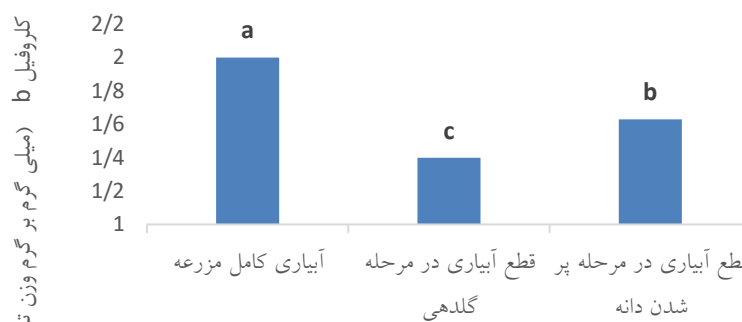
شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر کلروفیل a در گندم



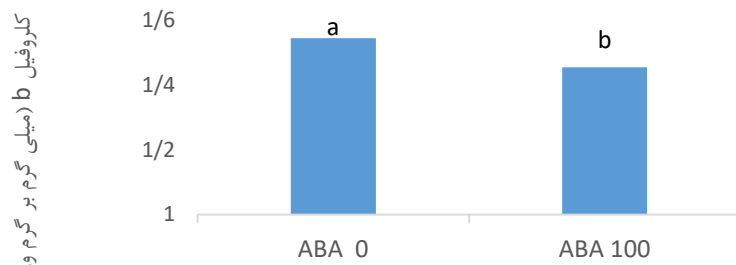
شکل ۱۳-۴- مقایسه میانگین اثر اسید آبسزیک بر کلروفیل a در گندم



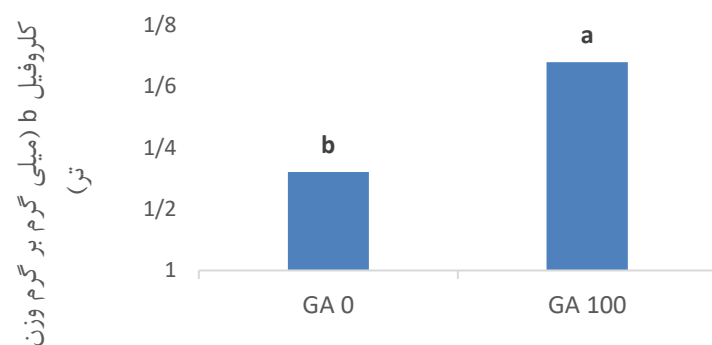
شکل ۱۴-۴- مقایسه میانگین اثر اسید جیبرلیک بر میزان کلروفیل a در گندم



شکل ۱۵-۴- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر کلروفیل b در گندم



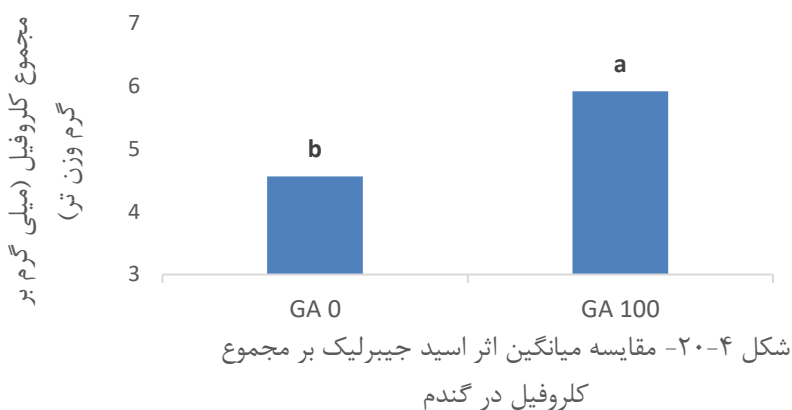
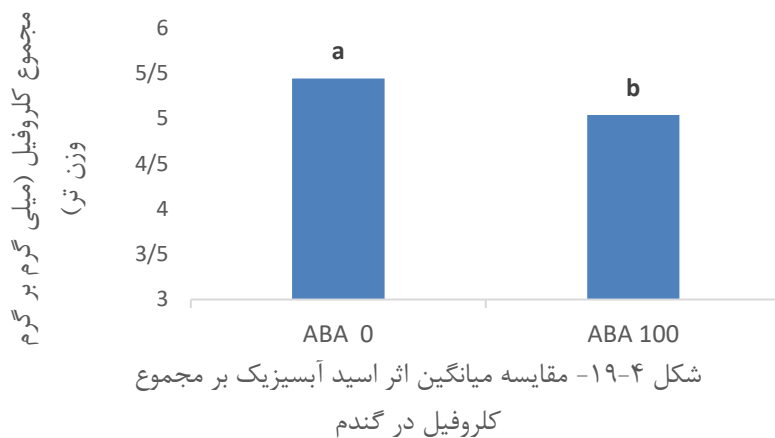
شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین اثر اسید آبسزیک بر میزان کلروفیل b در گندم



شکل ۴-۱۷- مقایسه میانگین اثر اسید جیبرلیک بر کلروفیل b در گندم



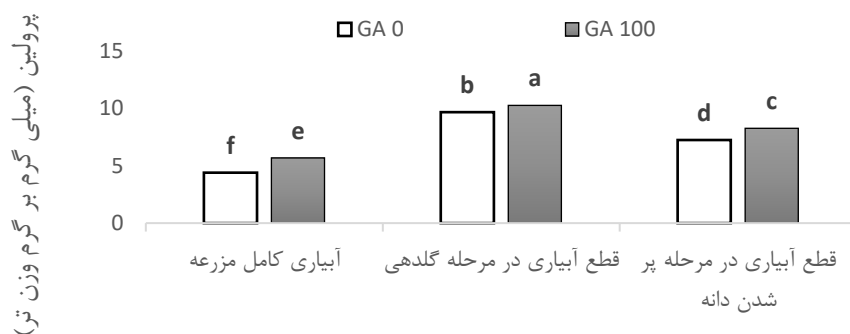
شکل ۴-۱۸- مقایسه میانگین اثر قطع آبیاری بر مجموع کلروفیل در گندم



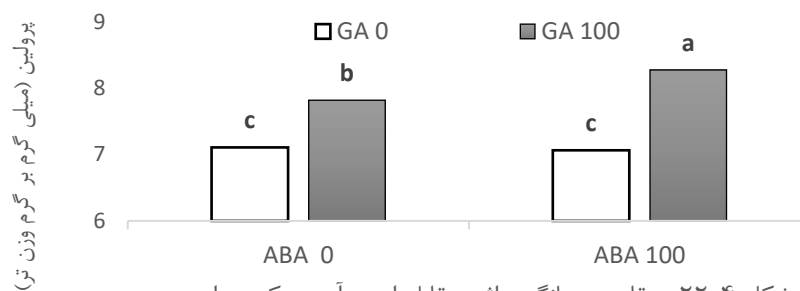
۴-۳-۲- پرولین

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۵ پیوست)، اثر متقابل تنش قطع آبیاری در اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک در اسید جیبرلیک بر محتوی پرولین در سطح یک درصد معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد، که با وقوع تنش قطع آبیاری بخصوص در مرحله ۵۰ درصد گلدهی میزان پرولین افزایش می‌یابد (شکل ۴-۲۱). گزارش‌های مختلفی در مورد افزایش پرولین در شرایط تنش خشکی وجود دارد (طریق-الاسلامی، ۱۳۹۵ و میلر و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش و تجمع پرولین در گندم تحت تاثیر تنش خشکی در این پژوهش، در حقیقت پاسخ متابولیکی گندم به کمبود آب است (وانگ و همکاران ۲۰۱۶). غلظت‌های بالای پرولین تحت تنش خشکی برای گیاهان بسیار مفید خواهد بود، زیرا پرولین در پتانسیل اسمزی و در نتیجه تنظیم اسمزی برگ شرکت می‌کند. همچنین پرولین می‌تواند از پروتئین‌ها و آنزیم‌ها محافظت نماید و پایداری غشا را نیز تحت شرایط گوناگون افزایش دهد. افزایش تجمع پرولین تحت تنش خشکی، ناشی از افزایش

فعالیت آنزیم پرولین سنتتاز یا کاهش اکسیداسیون گلوتامات و یا کاهش دخالت آن در سنتز پروتئین می‌باشد. در این پژوهش، هورمون‌های اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک تأثیر همسو بر محتوای پرولین داشتند، به طوریکه کاربرد ۱۰۰ ppm این هورمون‌ها هم در شرایط قطع آبیاری و هم در شرایط نرمال آبیاری منجر به افزایش محتوای پرولین شد (شکل ۴-۲۲) انباشته شدن پرولین آزاد به تحریک تنش خشکی را می‌توان به سنتز آن از اسید گلوتامیک نسبت داد و در شرایط نرمال رطوبتی نیز مصرف اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک باعث القاء آن شده است به طوری که افزایش میزان پرولین آزاد در برگ جو تیمار شده با این هورمون‌ها مشاهده شده است (استوارت و وتبرگ، ۱۹۸۵) به عقیده برخی محققین، اسید جیبرلیک می‌تواند با کاهش اثرات منفی تنش و تجمع پرولین باعث بهبود رشد گیاه گردد (سلطانی، ۱۳۹۵). اطاعتی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی اثر اسید آبسزیک بر گیاهان دارویی افزایش محتوای پرولین تحت شرایط محدودیت آبیاری را گزارش نمودند. در این پژوهش محتوای پرولین تحت تأثیر تنش خشکی و کاربرد اسید آبسزیک و اسید جیبرلیک افزایش یافت، که نشانگر نوعی حالت سازگاری در گندم نسبت به شرایط تنش خشکی می‌باشد.



شکل ۴-۲۱- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید جیبرلیک بر محتوای پرولین در گندم

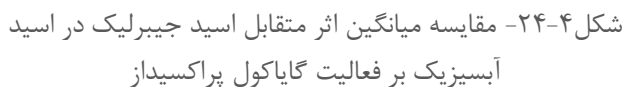
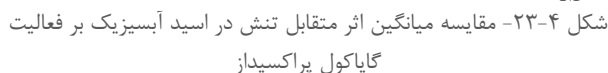


شکل ۴-۲۲- مقایسه میانگین اثر متقابل اسید آبسازیک در اسید جیبرلیک بر محتوای پرولین در گندم

۴-۳-۳- آنزیم گایاکول پراکسیداز

میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز، تحت تأثیر اثر متقابل اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک و قطع آبیاری در اسید آبسازیک قرار گرفت و بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر متقابل سه جانبه تیمارها و همچنین اثر دوجانبه تنش در اسید جیبرلیک بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز معنی دار نبود (جدول ۴-۵- پیوست). بررسی میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در برگ گندم تحت شرایط قطع آبیاری و کاربرد هورمون‌های اسید جیبرلیک و اسید آبسازیک نشان داد که تنش خشکی به صورت قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و همچنین در مرحله پر شدن دانه منجر به افزایش معنی دار میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز می‌گردد. ما و همکاران (۲۰۱۶) افزایش فعالیت گایاکول پراکسیداز را در گندم تحت تنش خشکی گزارش کردند که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. گایاکول پراکسیداز یکی از مهمترین آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بوده که در واکنش با پراکسید هیدروژن، گایاکول را اکسید و ترکیبی به نام تتراگایاکوکوئیتون را تولید می‌نماید (اروفیوا، ۲۰۱۵). عابدی و همکاران (۲۰۱۰) نیز افزایش فعالیت این آنزیم را در شرایط تنش خشکی گزارش دادند. کاربرد اسید آبسازیک در مقایسه با تیمار شاهد اثر مثبت و معنی داری بر افزایش فعالیت این آنزیم نشان داد، به طور کلی در تیمار ۱۰۰ ppm اسید آبسازیک و قطع آبیاری مزرعه در مرحله ۵۰ درصد گلدهی بیشترین میزان آنزیم گایاکول پراکسیداز (۴/۲۴ واحد آنزیمی بر میلی گرم پروتئین در دقیقه) مشاهده شد (شکل ۴-۲۳). غلظت ۱۰۰ ppm اسید جیبرلیک و همچنین غلظت ۱۰۰ ppm اسید آبسازیک تأثیر مثبت و معنی داری بر افزایش فعالیت گایاکول پراکسیداز داشتند (شکل ۴-۲۴). در پژوهش عبدخانی و سلوکی (۱۳۹۵) تیمار اسید

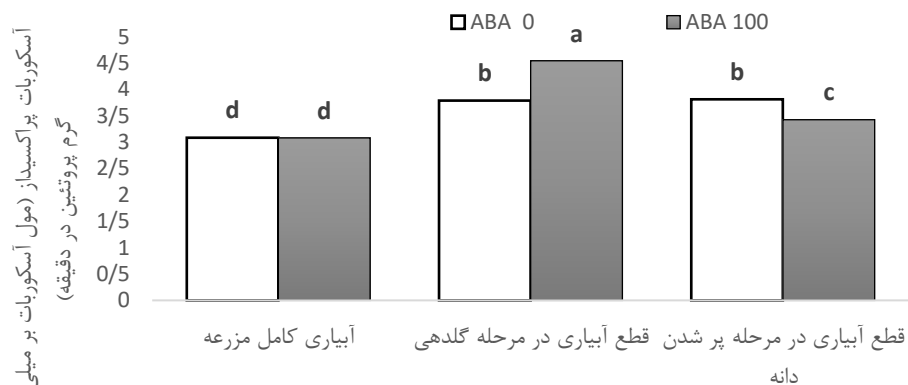
با القاء تنش اکسیداتیو گردید، که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.



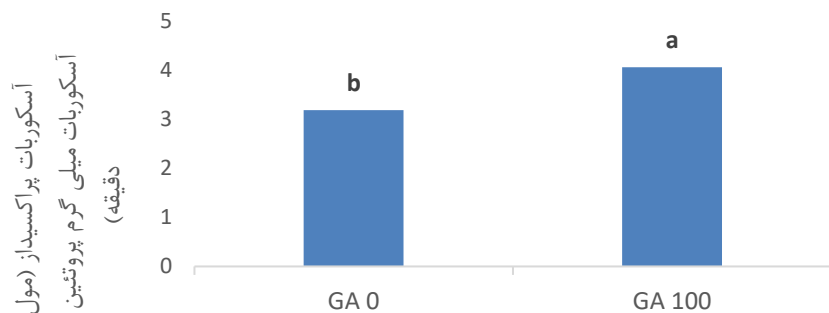
۴-۳-۴- آسکوربات پراکسیداز

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۵ پیوست) نشان می‌دهد که اثر متقابل قطع آبیاری در اسید آبسزیک و اثر ساده اسید جیبرلیک بر میزان آسکوربات پراکسیداز در سطح یک درصد معنی‌دار است همچنین بر اساس این نتایج مشخص شد که اثرات سه جانبه قطع آبیاری، اسید آبسزیک و اسید جیبرلیک و اثر متقابل دوگانه اسید آبسزیک و اسد جیبرلیک بر فعالیت آسکوربات پراکسیداز معنی‌دار نشد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین-ها (شکل‌های ۴-۲۵ و ۴-۲۶) نشان داد که فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز نیز همانند گایاکول پراکسیداز

تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی و هورمون‌های آبساز و اسید جیبرلیک قرار می‌گیرد. در این پژوهش، تنش خشکی بخصوص در مرحله گلدهی موجب افزایش فعالیت آسکورات پراکسیداز شد. برخی محققین افزایش آسکورات پروکسیداز در خشکی را گزارش کرده‌اند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد (توتجا و گیل، ۲۰۱۰). تنش‌های محیطی باعث انباشت انواع اکسیژن فعال مانند پراکسید هیدروژن، رادیکال هیدروکسیل در سلول و آسیب به لیپیدهای غشاء، پروتئین و اسیدهای نوکلئیک می‌شوند (شارما و همکاران، ۲۰۱۲). سیستم آنتی‌اکسیدانسی که در مقابل این تهدیدات در گیاهان عالی شکل می‌گیرند که شامل گلوتاتیون پراکسیداز، کاتالاز، آسکورات پراکسیداز و هستند و قادرند رادیکال‌های اکسیژن فعال را جمع‌آوری و اثرات سوء آن‌ها را به حداقل ممکن کاهش دهند (تان و همکاران، ۲۰۰۶)، که در نهایت پایداری گیاه در برابر تنش را موجب می‌شوند (شارما و همکاران، ۲۰۱۲). در این پژوهش، کاربرد اسید آبساز در شرایط تنش قطع آبیاری در مرحله گلدهی موجب افزایش فعالیت آسکورات پراکسیداز شد، در حالی که در شرایط تنش در مرحله پر شدن دانه و همچنین در شرایط نرمال رطوبتی، اسید آبساز نقش موثری در افزایش میزان فعالیت آنزیم نداشت (شکل ۴-۲۵)، در این راستا، نواب‌پور (۱۳۹۰) در نتایج خود بر روی جو زراعی نشان داد که تا ۲۰ ساعت پس از محلول‌پاشی اسید آبساز، میزان آنزیم آسکورات پراکسیداز افزایش و سپس کاهش می‌یابد. همچنین مطابق با نتایج مقایسه میانگین‌ها در شکل ۴-۲۶ کاربرد ۱۰۰ ppm جیبرلیک اسید در مقایسه با تیمار بدون مصرف اسید جیبرلیک، میزان فعالیت آنزیم آسکورات پراکسیداز را ۲۵ درصد افزایش داد به طوری که در مطالعات عبدخانی و سلوکی (۱۳۹۵) اثر اسید جیبرلیک بر افزایش فعالیت آسکورات پراکسیداز در گیاه ریحان گزارش شده است که با این نتایج هم‌هنگی دارد.



شکل ۴-۲۵- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری در اسید آبسازیک بر میزان آسکورات پراکسیداز



شکل ۴-۲۶- مقایسه میانگین اثر اسید جیبرلیک بر فعالیت آسکورات پراکسیداز

۴-۳-۵- پروتئین محلول در برگ

نتایج نشان داد که محتوی پروتئین‌های محلول در برگ گندم تحت تاثیر اثرات متقابل سه‌جانبه، دو جانبه و همچنین اثرات اصلی تیمارهای قطع آبیاری، اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک قرار گرفت (جدول ۴-۶ پیوست)، به طوری که با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴-۷)، پروتئین محلول در برگ گندم با شروع تنش خشکی افزایش یافت و کاربرد اسید جیبرلیک و اسید آبسازیک به ترتیب منجر به افزایش و کاهش این صفت شدند. در پژوهش شریفی و محمدخانی (۱۳۹۷) اعمال تنش خشکی باعث افزایش محتوای پروتئین‌های محلول در برگ پرچم و سنبله ژنوتیپ‌های گندم شد. به طور کلی بیشترین میزان پروتئین محلول در برگ در تیمار ۱۰۰ ppm اسید جیبرلیک، بدون کاربرد اسید آبسازیک و شرایط تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی مشاهده شد (۹۶/۲۶ میلی گرم بر گرم بافت تر برگ). تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از جمله اسید

جیبرلیک افزایش محتوای پروتئین در گیاه را القاء می‌کنند. مطابق با مطالعات انجام شده، محصول بیشتر و محتوای پروتئینی بیشتر، تحت تأثیر اسید جیبرلیک ممکن است با فعال‌سازی راه‌کارهای متعدد با رشد گیاه و سوخت و ساز آن ارتباط داشته باشد (بورا و همکاران، ۲۰۰۶). زای و همکاران (۲۰۰۴) در تحقیقات خود بر روی گندم، کاهش پروتئین محلول برگ پرچم بعد از گلدهی و با شروع پدیده پیری را گزارش نمودند همچنین در پژوهش آن‌ها مصرف خارجی اسید آبسزیک پس از گلدهی سرعت پیری و کاهش پروتئین محلول را افزایش داد. سعیدی و همکاران (۱۳۸۵) نیز نشان دادند مصرف اسید آبسزیک باعث کاهش مقدار و پایداری پروتئین‌های محلول در طول دوره نمونه‌گیری می‌گردد. در حقیقت نتایج پژوهش حاضر با نتایج سایر محققین مبنی بر افزایش و کاهش پروتئین در اثر تیمار گیاهان با اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک مطابقت دارد.

۴-۳-۶- کاتالاز

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۶ پیوست)، اثرات متقابل سه‌گانه قطع آبیاری، اسید آبسزیک و اسید جیبرلیک بر محتوای آنزیم کاتالاز در سطح ۵ درصد معنی دار بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴-۷) نیز وجود اثرات معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی را اثبات کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که، تنش خشکی منجر به افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز می‌گردد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج شارما و دویی (۲۰۰۵) و پاتل و همان‌تارنجام (۲۰۱۲) مطابقت دارد. بر اساس تحقیقات انجام شده، کاتالاز یکی از مهمترین آنزیم‌های جاروب‌کننده پراکسید هیدروژن به‌شمار می‌رود، به طوریکه افزایش فعالیت این آنزیم باعث مقاومت گیاه در برابر تنش و در نتیجه موجب افزایش عملکرد محصول می‌گردد (امینی و همکاران ۲۰۰۸). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک نیز در افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز تحت شرایط تنش خشکی موثر بودند، به نحوی که بر اساس نتایج اثر متقابل سه‌گانه تنش خشکی در مرحله گلدهی، غلظت ۱۰۰ ppm اسید جیبرلیک و تیمار ۱۰۰ ppm اسید آبسزیک دارای بیشترین تأثیر در افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز بودند (۸۲/۷۸ میکرومول کاتالاز بر میلی گرم پروتئین در دقیقه). نتایج بلایر و

همکاران (۲۰۰۰) نشان داد که محلول پاشی اسید آبسیزیک منجر به افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز در بافت‌های گیاهی می‌گردد. کاربرد خارجی اسید آبسیزیک سبب فعال شدن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گندم و کاهش اثرات سوء تنش بر گیاه شده است (آگراوال و همکاران، ۲۰۰۵). نواب پور (۱۳۹۰) طی مطالعات خود بر روی گیاه جو نشان داد که غلظت‌های پایین اسید آبسیزیک بویژه ۵۰ میکرومول، ضمن افزایش سطح متعادلی از رادیکال‌های اکسیژن، منجر به تحریک سیستم دفاعی آنزیمی و غیر آنزیمی شده و بدین وسیله گیاه از بروز تنش اکسیداتیو و خسارات حاصل از آن مصون می‌ماند. افزایش فعالیت کاتالاز در اثر مصرف اسید جیبرلیک نیز در گیاه یونجه بیان گردیده است (لوپز و همکاران، ۲۰۰۷) که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در حقیقت کاربرد اسید جیبرلیک و اسید آبسیزیک در شرایط تنش خشکی در این پژوهش، منجر به افزایش فعالیت کاتالاز شده است، در نتیجه مقادیر بیشتری از پراکسید هیدروژن تولید شده ناشی از تنش خشکی پاکسازی شده است و بدین ترتیب اثرات سوء ناشی از تنش خشکی تا حد زیادی کاهش یافته است.

۴-۳-۷- مالون‌دی‌آلدهید (MDA)

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۶ پیوست) و مقایسه میانگین (جدول ۴-۷)، اثر متقابل سه‌گانه قطع آبیاری، اسید آبسیزیک و اسید جیبرلیک بر محتوی مالون‌دی‌آلدهید در سطح ۵ درصد معنی‌داری بود. تیمارهای قطع آبیاری موجب افزایش محتوی مالون‌دی‌آلدهید در برگ شدند، در حالی که کاربرد هورمون‌های اسید جیبرلیک و اسید آبسیزیک محتوی مالون‌دی‌آلدهید را کاهش دادند. به طور کلی بالاترین میزان مالون‌دی‌آلدهید با مقدار عددی ۳۵/۶۴ میکروگرم بر گرم وزن تر در تیمار تنش خشکی در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و بدون مصرف هورمون‌های جیبرلیک و اسید آبسیزیک مشاهده شد. محسن‌پور و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که در شرایط تنش خشکی، محتوی مالون‌دی‌آلدهید در ذرت افزایش می‌یابد و کاربرد هورمون اسید جیبرلیک منجر به کاهش محتوی مالون‌دی‌آلدهید می‌شود. همچنین در مطالعات شریفی و محمدخانی (۱۳۹۷) گزارش گردید که محتوای مالون‌دی‌آلدهید در برگ پرچم ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش خشکی افزایش می‌یابد، که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. در پژوهش حاضر، بین محتوای مالون‌دی‌آلدهید و تنش

خشکی رابطه مستقیمی وجود داشت. افزایش محتوی مالون دی آلدئید در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد که سازوکارهای ترمیم سلولی با سازوکارهای تخریب حاصل از کمبود آب که می‌توانند بر تجزیه و بازیابی لیپیدهای غشاء تأثیر بگذارند، برابر نیستند، به‌ویژه در اثر تنش خشکی، پراکسیداسیون گلیکولیپیدهای تیلاکوئید کلروپلاستی و به‌دنبال آن تولید دی‌آسیل‌گلیسرول، تری‌آسیل‌گلیسرول و اسیدهای چرب آزاد اتفاق می‌افتد و در نتیجه محتوی مالون دی آلدئید در بافت گیاهی افزایش می‌یابد (ایزابلا و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین مطالعات نشان داده است که مالون دی آلدئید به‌عنوان نشانگرهای فیزیولوژیکی گیاه در برابر تنش عمل می‌کند و سطوح بالای آن در شرایط تنش خشکی شدید، نشان دهنده ایجاد تنش اکسیداتیو است (اردقان و همکاران، ۲۰۱۶). پراکسیداسیون لیپیدهای غشای سلولی از طریق تجمع مالون دی آلدئید موجب ایجاد آسیب در گیاهان شده و تیمار گیاهان با هورمون‌های اسیدجیبرلیک و اسید آبسزیک به صورت موثر مانع از پراکسیداسیون اسیدهای چرب و در نتیجه کاهش محتوی مالون دی آلدئید می‌شود (اسقاریا و اقدام، ۲۰۱۰).

جدول ۴-۷- مقایسه میانگین اثر متقابل قطع آبیاری، اسید آبسزیک و اسید جیبرلیک بر محتوی پروتئین محلول، کاتالاز و مالون دی آلدئید

تنش خشکی	آبیاری	پروتئین محلول در برگ (میلی گرم بر گرم)	کاتالاز (میکرومول بر میلی گرم پروتئین در دقیقه)	مالون دی آلدئید (میکروگرم بر گرم وزن تر)
آبیاری کامل	صفر	h	i	g
	۱۰۰	e	g	j
	صفر	g	h	h
	۱۰۰	e	g	i
قطع آبیاری در مرحله گلدهی	صفر	d	b	a
	۱۰۰	a	a	d
	صفر	d	b	b
	۱۰۰	b	a	c
قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه	صفر	f	f	d
	۱۰۰	c	d	f
	صفر	f	e	d
	۱۰۰	c	c	e

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند. (در سطح ۵ درصد)

۴-۴- نتیجه گیری

در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که قطع آبیاری موجب کاهش اجزای عملکرد در گندم نان می گردد. تیمار قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گلدهی در مقایسه با قطع آبیاری در مرحله پر شدن دانه تأثیر منفی بیشتری بر عملکرد دانه گندم داشت. بنابراین به نظر می رسد در صورت محدودیت و عدم دسترسی به منابع آبی کافی، از اعمال تنش در مرحله ۵۰ درصد گلدهی اجتناب گردد و برنامه آبیاری مزرعه به صورتی اعمال گردد و تا حد امکان این مرحله حساس با کمبود آب مواجه نشود. اثر هورمون های اسید جیبرلیک و اسید آبسازیک بر اجزای عملکرد متفاوت بود، طوریکه، اسید جیبرلیک موجب افزایش عملکرد دانه و اسید آبسازیک دارای اثر منفی بر عملکرد دانه بود. در ضمن، تنش خشکی باعث افزایش فعالیت آنزیم های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز، محتوای پرولین و مالون دی آلدئید و کاهش محتوای کلروفیل شد. کاربرد اسید جیبرلیک و اسید آبسازیک منجر به افزایش صفات ارزیابی شده (فیزیولوژیکی) (به استثنای مالون دی آلدئید) شدند. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که در بیشتر موارد، کاربرد اسید جیبرلیک و یا کاربرد همزمان اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک منجر به کاهش یا تعدیل اثرات سوء تنش قطع آبیاری در گندم گردید.

منابع و مآخذ

- احمدی ع، احسان زاده پ، و جباری ف. (۱۳۸۳) "مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهی" جلد اول، دانشگاه تهران، ص ۶۵۳، تهران.
- اطاعتی ف، فاخری ب، و سلوکی م. (۱۳۹۳) "اثر محلول پاشی هورمون اسید آبسزیک بر ارتفاع بوته، تعداد کاپیتول در بوته و پرولین در شش ژنوتیپ ماریتیغال در شرایط تنش خشکی" دومین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار، همدان، ۱۲-۱.
- آزادی م. ص، شکوه فر ع، مجدم م، لک ش، و علوی فاضل، م. (۱۳۹۹) "بررسی تاثیر کودهای شیمیایی و زیستی پتاسیم بر ویژگی‌های کمی و کیفی سه هیبرید ذرت تحت تنش آبی" مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۴۲: ۲۲۵-۲۱۲.
- بهینام. (۱۳۷۳) "غلات سردسیری" انتشارات دانشگاه تهران، ص ۲۸۶، تهران.
- جلالی هنرمند س، رسایی ع، سعیدی م، قبادی م، و خانی زاده ش. (۱۳۹۵) "اثر محلول پاشی هورمون‌های رشد در مراحل شکل‌گیری اجزای عملکرد دو رقم گندم تحت شرایط دیم" فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۸(۲۹): ۵۷-۴۳.
- حسن پور ک، احمدی ج، دانشیان ج، حاتمی ص. (۱۳۹۴) "بررسی میزات تغییرات کلروفیل، پروتئین و میزان آنزیم‌های آنتی-اکسیدانت در گندم دوروم تحت تنش خشکی" پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی، ۷(۱۵): ۸۷-۷۶.
- خوشخوی م، شیبانی ب، روحانی ا، و فضل‌عی، ع. (۱۳۷۷) "اصول باغبانی (مبانی دانش بوستانداری)" انتشارات دانشگاه شیراز، ص ۵۶۶.
- دست بندان نژاد ش، علوی فاضل م، مجدم م. لک ش، و شکوه فر ع. (۱۳۹۹) "واکنش ذرت سینگل کراس ۷۰۴ به مصرف کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژن و الگوهای مختلف کشت در شرایط تنش خشکی" مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۴۱: ۱۷-۱.
- ردائی‌الاملی ز، جهانسوز م. ر، صوفی زاده س، و حسینی م. ب. (۱۳۹۹) "ارزیابی ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد گندم و جو در شرایط تنش‌های آبی و نیتروژن" علوم گیاهان زراعی ایران، ۵۱(۲): ۱۰۴-۸۷.
- رسایی ب، جلالی هنرمند س، قبادی م. (۱۳۹۹) "اثر اشعه فرابنفش و آبسزیک اسید بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum* L) تحت دوره‌های مختلف آبیاری" مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۴۰: ۷۱-۵۳.
- رضایتمند ز. (۱۳۸۳) "بررسی اثر هورمون آبسزیک اسید تحت شرایط تنش‌زا برای ایجاد مقاومت در پنج گونه گیاه مرتعی" نشریه علوم پایه، ۱۴(۵۱): ۴۲۵۰-۴۲۴۵.
- سعیدی م، مرادی ف، احمدی ع، پوستینی ک و نجفیان گ. (۱۳۸۵) "محلول پاشی اسید آبسزیک و سیتوکینین در مراحل مختلف رشد دانه بر پاره ای از جنبه‌های فیزیولوژیک روابط منبع و مخزن در دو رقم گندم" مجله علوم زراعی ایران، ۸(۳): ۲۶۸-۲۸۲.

سلطانی، خاوری نژاد، انگجی س و نجفی ف. (۱۳۹۵) "اثر برهمکنش شوری و اسید جیبرلیک بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی و برخی آنزیم‌های آنتی اکسیدان در دو رقم نخود ایران (*Cicer arietinum*. L.)" مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۱۷۹-۱۸۸.

شریفی پ، و محمدخانی ن. (۱۳۹۷) "اثر تنش خشکی بر آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی در برگ پرچم و سنبله ژنوتیپ-های متحمل و حساس گندم" مجله تولیدات گیاهی، ۴۱(۳): ۵۱ - ۳۷.

صابری م. ح، نیکخواه ح، تجلی ح و رزمجو ا. (۱۳۹۵) "اثرات تنش خشکی انتهای فصل بر عملکرد و تعیین بهترین شاخص تحمل در لاین‌های امید بخش جو" نشریه زراعت، ۱۱۱: ۳۴ - ۲۷.

طریق الاسلامی م، کافی م، نظامی ا و ضرغامی ر. (۱۳۹۵) "اثر تنش سرما بر خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی سه هیبرید ذرت (*LZea mays*) در مرحله گیاهچه‌ای" مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست شناسی)، ۳: ۵۴۰-۵۵۲.

عبدخانی س، و سلوکی م. (۱۳۹۵) "تغییرات ترکیبات فنلی، آنتوسیانین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مراحل مختلف رشد ریحان (*Ocimum basilicum* L) تحت تأثیر تنظیم کننده‌های رشد" فصل‌نامه گیاهان دارویی، ۱۱(۲): ۱۷۵ - ۱۶۴.

عزتی ن، ملکی ع، و فتحی ا. (۱۳۹۸) "تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی اسید جیبرلیک و اسید سالیسیلیک بر عملکرد کمی و کیفی کلزا" نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، ۱۴(۵۶): ۱۰۹ - ۹۴.

علوی‌فاضل م، نادری ا، امامی، اینه بند ا و لک ش. (۱۳۹۰) "تجزیه و تحلیل مسیر صفات مؤثر بر عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط مختلف الگو و تراکم بوته و آبیاری در مراحل رشد" مجله فیزیولوژی زراعی، ۱۰: ۱۸-۳.

عیسوند ح. ر، آذرینا م، نظریان ف، و شرفی ر. (۱۳۹۰) "بررسی اثر اسید جیبرلیک و اسید آبسزیک بر سبز شدن و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی بذر و گیاهچه نخود در شرایط دیم و آبی" مجله تولید گیاهان زراعی، ۴۲(۴): ۷۸۹-۷۹۷.

قارونی ج. (۱۳۸۲). "فناوری نان مسطح" ترجمه عبدالحسن بصیره، تهران مرکز نشر دانشگاهی، ص ۱۵۴، تهران.

کریمی ه. (۱۳۷۱) "گندم" مرکز نشر دانشگاهی تهران، ص ۲۹۷، تهران.

کوچکی ع. (۱۳۷۳) "اکولوژی گیاهان زراعی" انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۱۵، مشهد.

ماهرخ ع، نبی پور م، روشنفکر دزفولی ح، و چوکان ر. (۱۳۹۵) "تأثیر محلول پاشی هورمونهای اکسین و سیتوکینین بر میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی پرولین برگ ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش خشکی" مجله فرآیند و کارکرد گیاهی، ۱۶۵: ۵-۱۷۹.

محبتی ف، مرادی ف، پاک نژاد ف، وزان س، حبیبی د، بهنیا س، و پورایران دوست ح. (۱۳۹۰) "اثر محلول پاشی هورمون‌های اکسین، اسید آبسزیک و سیتوکینین بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در شرایط تنش دمایی پایین" مجله علوم زراعی ایران، ۱۴(۱): ۷۱-۵۸.

محسن پور غ، نصری م، قوشچی ف، توحیدی مقدم ح. ر. و لاریجانی ح. ر. (۱۳۹۸) "تأثیر تنش خشکی با کاربرد محلول پاشی هورمون و نانو ذرات بر صفات بیوشیمیایی ذرت رقم ماکسیما" فرآیند و کارکرد گیاهی، ۸(۳): ۳۲۶ - ۳۱۷.

مظفری ا، حبیبی د، اصغرزاده ا، و مشهدی اکبر بوجار م. (۱۳۹۵) "بررسی تحمل به تنش خشکی دو رقم گندم تلقیح شده با رایزوباکتری های محرک رشد گیاه تحت شرایط گلخانه" فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۸(۳۱): ۳۹ - ۲۱.

معتضدی س، سیف زاده س، حق پرست ر، ذاکریان ح، جباری ح و دانشیان ج، "ارزیابی روابط عملکرد دانه و برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک در ژنوتیپ های گندم نان در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی" نشریه علمی - پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، ۱(۴۹): ۲۴ - ۱.

نواب پور س. (۱۳۹۰) "تأثیر محلول پاشی اسید آبسزیک بر فعالیت آنزیم ها و ترکیبات غیر آنزیمی مرتبط با سیستم دفاعی در جو زراعی" تحقیقات غلات، ۱(۱): ۵۱ - ۳۹.

نورمحمدی ق. (۱۳۸۰) "زراعت غلات" جلد اول، انتشارات دانشگاه شهید چمران، ص ۲۴۰، اهواز.

هادی م ر، و نصر ن. (۱۳۹۲) "مکانیسم عمل هورمون های گیاهی" انتشارات مدیران دانش، چاپ دوم، ص ۳۸۶، تهران.

Abdoli M. Saeidi M. Jalali Honarmand S. Mansoorifar S. and Ghobadi M. (2013) "Evaluation of some physiological and biochemical traits and their relationships with yield and its components in some improved wheat cultivars under post-anthesis water deficit. Environ" **Stresses Crop Sci.**, 6(1): 47-63.

Abedi T. Pakniyat H. (2010) "Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rap (*Brassica napus* L.)" **Czech J. Genet. Plant Breed.** 46(1): 27-34.

Aebi H. (1984) "Catalase in vitro. Methods in Enzymology" **ELSEVIER.** 105, 121-126.

Afiuni D. Akbari Gh. A. Allahdadi I. Najafian G. and Safaei L. (2016) "Study on physiological characteristics of bread wheat genotypes response to water stress after anthesis and zinc foliar application" **J. Plant Ecophysiol.**, 8(27): 1-19.

Agrawal S. Sairam R.K. Srivasta GC. Tyagi A. and Meena R.C. (2005) "Role of ABA, Salicylic Acid, Calcium and Hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling" **Plant Science.** 169: 559-570.

Ahmadi A. Joudi M. and Janmohammadi M. (2009) "Late defoliation and wheat yield: Little evidence of post anthesis source limitation" **Field Crops Research**, 113, 90-93.

Akbari charmahini S. and Moalemi N. (2012) "Effect of gibberellic acid on the growth of seedlings olive (*Olea europaea* L.)" **Journal of Horticultural Science**, 24(2): 184- 188.

Akbari J. and Maleki A. (2018) "The effect of ascorbic acid and salicylic acid foliar on vegetative properties and yield and yield components of *Vigna unguiculata* L. under drought stress" **Applied Research of Plant Ecophysiology**, 4 (2):159-180.

Amini Z. Haddad R. and Moradi F. (2008) "Effect of water deficit on the activity of antioxidant enzymes in plant reproductive development Barley" **Science and Technology of Agriculture and Natural Resources**, 12: 46-58.

Asgharia M R. and Aghdam M. S. (2010) "Impact of salicylic acid on post-harvest physiology of horticultural crops" **Trends in Food Science and Technology** 21:502-509.

Ashraf M. and Foolad M. R. (2005) "Pre-sowing seed treatment. A shotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions" **Adv. Agron.** 88: 223-271.

Ashraf M. Karim F. and Rasul E. (2002) "Interactive effects of gibberellic acid (GA) and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity of two spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance" **Journal of Plant Growth Regulation**, 36(1): 49- 59.

Ashraf, M., Akram N. A. Arteca R. N. and Foolad M. R. (2010) "The physiological, biochemical and molecular roles of brassinosteroids and salicylic acid in plant processes and salt tolerance" **Crit. Rev. Plant Sci.** 29: 162–190.

Bari R. and Jones J. D. (2009) "Role of plant hormones in plant defence responses" **Plant Mol. Biol.** 69(4): 473-488.

Baser khochehbagh S. Mirshekari B. Farahvash F. and Javanshir A. (2011) "Effect of Seed Inoculation with Nitragin and Different Levels of Nitrogen Fertilizer on Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.)" **of Crop and Weed Ecophysiology**. 5, 1-10

Baygi Z. Saifzadeh S. Shirani Rad A. H. Valadabadi S. A. and Jafarinejad A. (2017) "Effects of planting date on growth indices and yield and yield components of some wheat cultivars in Neshabur" **Applied Research in Field Crops** .30(2), 1-18.

Bellaire B.A. Carmody J. Braud J. Gossett D.R. Banks S.W. Lucas M.C. and Fowler T.E. (2000) "Involvement of abscisic acid-dependent and- independent pathways in the upregulation of antioxidant enzyme activity during NaCl stress in cotton callus tissue" **Free Radical Research**. 33: 531-545.

Berhow A. M. (2000) "Effect of early plant growth regulator treatments on flavonoid levels in grapefruit" **Plant Growth Regulators** 30:225-232.

Bora RK, Sarma CM. (2006) "Effect of Gibberellic Acid and Cycocel on Growth , Yield and Protein Content of Pea" **Asian J. of Plant Sci** 5(2): 324-330.

Bradford M. M. (1979)"A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding" *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254.

Curtis R. and Pherson M. (2002)"Bread Wheat"**Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 225 pp.

Davies P. J. (2013)"Plant Hormones: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology"**Springer Science & Business Media**.

Doorenbos J., and Pruitt W.O. (2009) "Guidelines for predicting crop water requirements". **FAO. Irrigation and Drainage Paper**. No. : 24. Rome, Italy.

Emam Y. (2011)"Cereal Crop Production"**Shiraz University Press, Shiraz**.

Erdogan U. Cakmakci R. Varmazyari A. Turan M. Erdogan Y. and Kitir N. (2016)"Role of inoculation with multi-trait rhizobacteria on strawberries under water deficit stress"**Zemdirbyste-Agriculture 103 (1): 67–76**.

Erofeeva EA. (2015)"Dependence of guaiacol peroxidase activity and lipid peroxidation rate in drooping birch (*Betula pendula* Roth) and Tillet (*Tilia cordata* Mill) leaf on motor traffic pollution intensity"**Dose-Response, 13(2), 81-85**.

Esfandiari E.A. Shakiba M.R. Mahboob S.A. Alyari H. and Shahabivand S. (2009)"The effect of water stress on the antioxidant content, protective enzyme activities, proline content and lipid peroxidation in wheat seedling"**Pakistan Journal of Biological Sciences, 11: 1916-1922**.

Farroq M. Bramley H. Palta, J.A. and Siddique K.H.M. (2011)"Heat stress in wheat during reproductive and grain filling phases"**Crit. Rev Plant Sci. 30: 1-17**.

Feghenabi F. (2008)"The effect of different treatments on seed yield, yield components, morphological and physiological traits of safflower"**Master's thesis. University of Urmia. 110 pp**.

Ghassemi-Golezani K, Ghassemi S. and Zehtab-Salmasi S. (2018) "Changes in essential oil content and composition of ajowan (*Carum copticum* L.) seeds in response to growth regulators under water stress"**Scientia Horticulturae, 231, 219-226**.

Hare P. O. Cress w. A. and Van Staden J. (1999)"Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction"**Journal of Experimental Botany 50: 413-434**.

Hayat Q. Hayat S. Irfan M. and Ahmad A. (2010)"Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review"**Environ. Exp. Bot. 68: 14-25**.

Hodges D.M. and Forney C.F. (2000) "The effects of ethylene, depressed oxygen and elevated carbon dioxide on antioxidant profiles of senescing spinach leaves" **Journal Experimental Botany**, 344: 645-655.

Hussain M. Farooq M. and Malik M.A. (2008). "Glycine betaine and salicylic acid application improves the plant water relations, water use efficiency and yield of sunflower under different planting methods" **In Proceedings of 14th Australian Agronomy Conference, Adelaide, SA, Australia.**

Imami T. Bazdar S. Kazemi A. Naseri R. Moradi M. and Mirzai A. (2012) "Evaluation of agronomic characteristics and seed oil of canola cultivars under drought stress" **12th Iranian Congress of Plant Breeding. Islamic Azad University, Karaj Branch. September .14-16.**

Iqbal M. and Ashraf M. (2006) "Wheat seed priming in relation to salt tolerance, growth, yield and level of free salicylic acid and polyamines" **Annals of Botany**, 43(4): 250-259.

Izabela M. Ilona C. M. Edyta S. Maria F. Stanisław G. and Maciej T. G. (2013) "Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought susceptible and drought-resistant wheat genotypes" **Acta Physiologiae Plantarum**, 35(2), 451-461.

Joud M. Ahmadi A. Mohammadi V. Abbasi A. and Mohammadi H. (2014) "Genetic changes in agronomic and phenologic traits of Iranian wheat cultivars grown in different environmental conditions" **Euphytica** 196: 237-249.

Kaman H. Kirda C. and Sesveren S. (2011) "Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation" **Agricultural Water Management** 98: 801-807.

Kaur S. Gupta. A.K. and Kaur N. (2005) "Seed priming Increases Crop yield possibly by Modulating enzymes of Sucrose metabolism in chickpea" **Journal of Agronomy and Crop Science**, 191: 81-87.

Khodary S.E.A. (2004) "Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants" **International Journal of Agriculture and Biology**, 6(1):5-8.

King R.W. Evans L.T. Mander L.N. Moritz T. Pharis R.P. and Twitchin B. (2003) "Synthesis of gibberellin GA6 and its role in flowering of *Lolium temulentum*" **Phytochemistry**, 62(1):77-82.

Li Y. Zhaoh H. Duan B. Korpelainen H. and Li Ch. (2011). "Effect of drought and ABA on growth, photosynthesis and antioxidant system of *Cotinus coggygria* seedlings under two different light conditions" **Environmental and Experimental Botany**. 71(1): 107-113.

Liu L. ShaoZ. Zhang M. and Wang Q. (2015) "Regulation of carotenoid metabolism in tomato" **Molecular Plant**. 8: 28-39.

Lopez M. Videa JP. Mchel HC. Martinez A. and Gardea MD. (2007)"Lead toxicity in alfalfa plants exposedo phytohormones and ethylenediaminetetraacetic acid monitored by peroxidase, catalase, and amylase activities"**J. Environmental Toxicology and Chem.** 26: 2712 -2723.

Ma D, Sun D, Wang C, Qin H, Ding H, Li Y. (2016)"Silicon application alleviates drought stress in wheat through transcriptional regulation of multiple antioxidant defense pathways"**Journal of Plant Growth Regulation.** 35: 1–10.

Makumbi D. Betraun J. F. Baunziger M. and Ribaut J. M. (2011)"Combining ability, heterosis and genetic diversity in tropical maize (*Zea mays* L.) under stress and non-stress conditions"**Euphytica** 180:143–162.

Miller G. Suzuki N. Ciftci-Yilma S. and Mittler R. (2010) "Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses"**Plant, Cell and Environment** 33: 453–467.

Moharramnejad S. Sofalian O. Valizadeh M. Asgari A. and Shiri M. R. (2015)"Proline, glycine betaine, total phenolics and pigment contents in response to osmotic stress in maize seedlings"**Journal of Bioscience and Biotechnology** 4: 313-319.

Mohseni S.H. GhanbariA. RamazanporM.R.and Mohseni M. (2006)"Study of the effect quantity and methods consumer zinc sulfate and boric acid on yield, qualitative and nutrient absorption in two variety of grain corn"**J. Agric. Sci.** 31- 38.

Moradi F. (2016)"Plant growth regulators past, present and future"**Res. Achiev. Field Hortic.** 5(2): 71-95.

Nambara E. Kawaide H. Kamiya K. and Naito S. (1998)"Characterization of an Arabidopsis thaliana mutant that has a defect in ABA accumulation: ABA-dependent and ABA-independent accumulation of free amino acids during dehydration"**Plant Cell Physiology** 39: 853-858.

Pei Z. M. Murata N. Benning O . Thomine S. Klusener Allen G. J. Grill E. and Schroede, J. I. (2000)"Calcium channels activated by hydrogen peroxide mediate abscisic acid signaling in guard cells"**Nature** 406: 731-734.

Peleg Z. and BlumwaldE. (2011)"Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants"**Curr. Opin. Plant Biol.** 14(3): 290-295.

Pirasteh Anoosheh, H. and EmamY. (2011)"Yield and yield component responses of bread and durum wheat to PGRs under drought stress conditions in field and greenhouse"**Environ. Stresses. Crop. Sci.** 5(1): 1-17.

Poehlman j. m. (1959)"breeding field crops. Henry holt and company"**Inc. new York** 427 pp.

RademacherW. (2015)"Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production"**J. Plant Growth Regul.** 34(4): 845-872.

Ranieri A. Castagna A. Pacini J. Baldan B. Mensuali Sodi A. and Soldatini G.F. (2003). "Early production and scavenging of hydrogen peroxide in the apoplast of sunflower plants exposed to ozone" **Jornal of Experimental Botany**, 54, 2529-2540.

Rodway SJ. Gates DW. and Brindle C. (1991)"Control of early seedling growth in varietal lines of hexaploid wheat (*Triticum aestivum*), durum wheat (*Triticum durum*), and barley (*Hordeum vulgare*) in response to the phthalimide growth regulant, AC 94, 377". **J. Plant Growth**. 1991; 10: 243-59.

Saeidi M. Moradi F. and Jalali Honarmand S. (2011)"Contribution of spike and leaves photosynthesis and soluble stem carbohydrates remobilization in grain yield formation in two bread wheat cultivars under post-anthesis stress conditions"**Seed and Plant Improvement Journal**. 2(27) :1-19.

Sahraei E. Maleki A. Pazoki A. and Fathi A. (2018) "The effect of Salicylic and Ascorbic Acid on Eco physiological Characteristics and German Chamomile Essences in Deficit of Water"**Applied Research of Plant Ecophysiology**. 5(1): 117-142.

Salehi Sardoei A. Shahadadi F. Shahdadneghad M. and Fallaah Imani A. (2014)"The Effect of Gibberellic Acid on Reducing Sugar of Jerusalem Cherry (*Solanum pseudocapsicum* L.) " **Plant, International journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, 2(4): 690-695.

Senaratna T. Touchell D. Bunn E. and Dixon K. (2000)"Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants"**Plant Growth Regulation**, 30(2): 157-161.

Sharma P, Ambuj BJ, Rama SD, Pessarakli M. (2012)"Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions"**Journal of Botany Article ID 217037**, 26pp.

Sharma P. and Dubey R.S. (2005)"Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings"**Plant Growth Reg.**, 46: 209-221.

Sharma R. R. and Singh R. (2009)"Gibberellic acid influences the production of malformed and button berries, and fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.)" **Scientia Horticulture** 119: 430-433.

Shewry R. (2009) "Wheat" **Journal of Experimental Botany**, 60(6): 37–53.

Shewry P. R. and Hey S. J. (2015)"Review: The contribution of wheat to human diet and health"**Food and Energy Security**. 4 (3): 178–202.

Sinclair T.R. and Jamieson P.D. (2006)"Grain number, wheat yield, and bottling beer: an analysis"**Field Crops Research** 98: 60-67.

Singh S.P. (2007) "Drought resistance in the race Durango dry bean landraces and cultivars"**Agronomy Journal**, Vol. 99, pp: 1219-1225.

Slafer G. A. (1994) "Genetic improvement of field crops" **marcel dekker INC**. 470pp.

Stefanov LK. Iliev LK. Popova NT. (1998)"Influence of GA3 and 4-PU-30 on leaf protein composition photosynthetic activity and growth of maize seedlings"**Biologia Plantarum**: 41(1): 54-63.

Stewart, C.R and Voetberg, G. (1985). "Relationship between stress-induced ABA and proline accumulations in Excised barley leaves". **Plant Physiology**. 79:24-27.

Taiz L. and Zeiger E. (2006)"Plant Physiology"**4th edition, Sinauer Associates, Sunderland**. 672 pp.

Tan Y, Liang ZS. Hongbo B. Du F. (2006)"Effect of water deficits on the activity of antioxidative enzymes and osmoregulation among three different genotypes of Radix Astragali at graining stage"**Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**. 49: 60-65.

Tatar Ö. Brück H. and Asch F. (2016)"Photosynthesis and remobilization of dry matter in wheat as affected by progressive drought stress at stem elongation stage"**J. Agron. Crop Sci.**, 202: 292-299.

Tuteja N. and Gill S. S. (2010) "Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants"**Plant Physiology and Biochemistry Journal**, 48(12), 909-930.

Wang X. Cai X. Xu C. Wang Q. and Dai S. (2016) "Drought-responsive mechanisms in plant leaves revealed by proteomics"**International Journal of Molecular Sciences**, 17, 1-30.

Xie Z. JiangD. Dai T.and CaoW. (2004)"Effect of exogenous ABA and cytokinin on leaf photosynthesis and grain protein accumulation in wheat ears cultured in vitro"**Plant Growth Regul**. 44: 25-32.

Yadhu Suneja A. Gupta K. Sharma A. and Bains N.S. (2015)"Differential response of wild and cultivated wheats to water deficits during grain development: changes in soluble carbohydrates and invertases"**Physiol. Mol. Biol. Plant.**, 21(2): 169–177.

Yan W. Zhong Y. and Shangguan Z. (2016)"Evaluation of physiological traits of summer maize under drought stress"**Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science** 66: 133-140.

Yang J. Zhang J. WangZ. Zhu Q.and LiuL. (2002)"Absciscic acid and cytokinins in the root exudates and leaves and their relationship to senescence and remobilization of carbon reserves in rice subjected to water stress during grain filling"**Planta** 215: 645-652.

Yoshimura K. Yabute Y. Ishikawa T. Shigeoka S.(2000)"Expression of spinach ascorbate peroxidase isoenzymes in response to oxidative stresses"**Plant Physiology**, 123: 223-233.

Zhang H., and Oweis T. (2009) "Water-yield relation and optimal irrigation scheduling of wheat in the mediterranean region". **Agric. Water manaagement**. 38: 195-211.

Zhang X. Wang T.and LiC. (2005)"Different responses of two contrasting wheat genotypes to abscisic acid application"**Biologia Planta**. 49: 613-616.

Zhang Z. L. (1990)"Guide to plant physiology experiments"**Beijing: Higher Education Press**.

Zlatev Z. and Lidon F. C. (2012)"An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis"**Emirates Journal of Food and Agriculture** 24: 57-72.

پیوست‌ها

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری، اسید آبسزیک و اسید جیبرلیک بر صفات مورفولوژیکی گندم

میانگین مربعات (MS)			
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول سنبله
بلوک	۲	۲/۸۰۲	۰/۰۷۲
قطع آبیاری (A)	۲	۲۷۱/۰۲**	۱/۴۴۴ **
اشتباه اصلی	۴	۰/۲۹۲	۰/۰۳۸
اسید آبسزیک (B)	۱	۲۲/۳۲**	۱/۰۵۱**
A×B	۲	۲/۷۶*	۱/۶۳۲ **
اسید جیبرلیک (C)	۱	۳۶/۷۸۴**	۳/۷۴۴**
A×C	۲	۱/۳۸۸ ns	۰/۰۵۶
B×C	۱	۶/۲۷۵**	۱/۱۹۲**
A×B×C	۲	۰/۰۳۸ns	۰/۰۳ ns
اشتباه فرعی	۱۸	۰/۵۹۸	۰/۰۷۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴.۸۱	۳.۱۲

ns تغییر معنی‌دار و **، * به ترتیب معنی‌دار با خطای آماری پنج و یک درصد

جدول ۴-۲- تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری، اسید آبسزیک و اسید جیبرلیک بر اجزای عملکرد گندم

میانگین مربعات (MS)					
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیلوژیکی
بلوک	۲	۰/۰۶۹	۰/۰۲	۳۹۲۰۷/۵۸	۱۱۹۸۵۸/۶
قطع آبیاری (A)	۲	۴۸/۰۷**	۶۰۰/۷۹**	۲۴۷۶۹۷۳۳**	۴۲۱۸۲۷۳۵**
اشتباه اصلی	۴	۰/۰۳۲	۰/۰۳۳	۳۱۹۴۶/۵۸	۱۶۲۸۷۸/۶
اسید آبسزیک (B)	۱	۱/۲۲*	۳۹/۴۵	۵۳۵۰۹۲/۳**	۵۰۴۳۳۶/۷**
A×B	۲	۴/۶۷**	۱۲/۶۱	۲۰۵۴۶۳/۳**	۵۱۶۴۶۹/۵**
اسید جیبرلیک (C)	۱	۶۶/۵۵**	۹۴/۵۱**	۲۷۷۸۳۳۳**	۲۱۶۴۳۳۱**
A×C	۲	۰/۲۴ns	۱/۹۷**	۹۲۱۲۴/۵۳**	۳۳۴۴۸۳/۹*
B×C	۱	۱۱/۸۶**	۲/۴۲**	۶۴۴۳۱/۳۶*	۴۴۱۷۰/۰۳ns
A×B×C	۲	۴/۸۳**	۱/۲۵*	۳۳۴۱۷/۳۶ns	۳۴۰۴۳/۰۳ns
اشتباه فرعی	۱۸	۰/۲۳	۰/۲۹	۱۳۶۹۱/۸۱	۶۴۶۵۷/۸۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴.۰۶	۴.۳۱	۲.۲۹	۲.۹۲

ns تغییر معنی‌دار و **، * به ترتیب معنی‌دار با خطای آماری پنج و یک درصد

جدول ۴-۵- نتایج تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری، اسید آبسزیک و اسید جیبرلیک بر صفات فیزیولوژیک گندم

میانگین مربعات (MS)							منابع تغییرات
اسکوربات پراکسیداز	گایاکول پراکسیداز	پرولین	مجموع کلروفیل	کلروفیل b	کلروفیل a	درجه آزادی	
۰/۰۶۸	۰/۰۵۷	۰/۰۰۳	۰/۱۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۶۸	۲	بلوک
۳/۵۲**	۴/۱۰**	۷۲/۹۸**	۱۴/۷۷**	۱/۱۵**	۷/۶۷**	۲	قطع آبیاری (A)
۰/۰۱۳	۰/۰۱۱	۰/۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۴	اشتباه اصلی
۱/۳۱**	۱/۰۱۷**	۰/۵۷**	۱/۴۶**	۰/۰۷**	۰/۸۸**	۱	اسید آبسزیک (B)
۰/۴۲**	۰/۴۸**	۱/۰۲۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۲	A × B
۶/۹۴**	۷/۲۹**	۸/۳۴**	۱۶/۵۲**	۱/۱۵**	۸/۹۵**	۱	اسید جیبرلیک (C)
۰/۰۲ns	۰/۰۱۱ns	۰/۳۷۶**	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۰۳ns	۲	A × C
۰/۰۵ns	۰/۱۱۴*	۰/۳۷۸**	۰/۰۷۷ns	۰/۰۱۱ns	۰/۰۲۹ns	۱	B × C
۰/۰۴ns	۰/۰۳۲ns	۰/۰۷۴ns	۰/۰۰۹ns	۰/۰۰۶ns	۰/۰۰۱ns	۲	A × B × C
۰/۰۱۳	۰/۰۲۵	۰/۰۳۴	۰/۰۵۵	۰/۰۰۵	۰/۰۳۶	۱۸	اشتباه فرعی
3/36	4/90	2/44	4/47	4/83	5/07	-	ضریب تغییرات (درصد)

ns غیر معنی‌دار و *، ** به ترتیب معنی‌دار با خطای آماری پنج و یک درصد

جدول ۴-۶- ادامه نتایج تجزیه واریانس اثر قطع آبیاری، اسید آبسازیک و اسید جیبرلیک بر صفات فیزیولوژیک گندم

میانگین مربعات (MS)				
منابع تغییرات	درجه آزادی	پروتئین محلول در برگ	کاتالاز	مالون دی-آلدهید
بلوک	۲	۰/۳۱۸	۰/۰۵۹	۰/۰۰۹
تنش خشکی (A)	۲	۲۷۹/۲۰**	۲۰۸۰/۲۳**	۱۶۵/۵۲۹**
اشتباه اصلی	۴	۰/۰۹۲	۰/۰۵۶	۰/۰۰۵
اسید آبسازیک (B)	۱	۰/۷۶۳*	۰/۴۱ns	۰/۳۶۲*
A × B	۲	۳/۹۶۴**	۴/۱۸**	۰/۱۶ns
اسید جیبرلیک (C)	۱	۴۰۳/۸۷۶**	۹۸/۴۷**	۴۱/۷۵۳**
A × C	۲	۰/۴۸۸*	۶/۵۹**	۰/۴۰۷*
B × C	۱	۵/۶۶۴**	۳/۴۸**	۵/۶۲۵**
A × B × C	۲	۰/۴۴۴*	۱/۱۲۹*	۰/۳۲۷*
اشتباه فرعی	۱۸	۰/۱۱۱	۰/۲۱۳	۰/۰۷۷
ضریب تغییرات (درصد)	-	3/38	3/67	3/91

ns غیر معنی دار و *، ** به ترتیب معنی دار با خطای آماری پنج و یک درصد

Abstract

This study was conducted to investigate the effect of abscisic acid (ABA) and gibberellic acid (GA) on quantitative and qualitative characteristics of bread wheat under low irrigation conditions in the 97-98 crop year in Shahrood. The experiment was performed as a split-factorial plot in the form of completely randomized blocks with three replications. Treatments included three levels of irrigation in the main plots including optimal irrigation, interruption of an irrigation period at 50% flowering and 50% grain filling stages as a main plot and two levels of abscisic acid and gibberellic acid in sub-plots (zero and 100 ppm). The results showed that the interaction of drought stress, abscisic acid and gibberellic acid on morphological, yield-related and physiological traits of wheat was significant at the level of one percent. Drought stress effectively reduced heightplant, spike length, number of seeds per spike, 1000-seed weight, grain yield, chlorophyll content and increased ascorbate peroxidase, guaiacol peroxidase, catalase and malondialdehyde content. Application of different levels of abscisic acid and gibberellic acid and their simultaneous application had completely different effects on the evaluated traits. In most cases, the application of gibberellic acid or the simultaneous use of abscisic acid and gibberellic acid reduced or moderated the adverse effects of low irrigation stress on wheat. Overall, the results of this study revealed that wheat in the growth stage of 50% grain filling compared to the 50% flowering stage is less sensitive to low irrigation stress. In case of water restriction, we will be able to prevent the negative effects of low irrigation stress by using gibberellic acid or the simultaneous use of abscisic acid and gibberellic acid.

Keywords: cessation of irrigation, chlorophyll, Enzyme, hormone, yield.



Faculty of Agriculture
M.Sc. Thesis in Agroecology

The effect of gibberellic acid and abscisic acid on quantitative and qualitative characteristics of wheat under low irrigation stress

By: Elham Mazraeshahi

Supervisor:

Dr. Mohammad Reza Amerian

Advisor:

Dr. Mohammad Amin Ebrahimi

January 2021