مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد۱۶ ، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳

مجله پژوهش‌های به زراعی

اثر کاربرد مواد ضد تنش بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص سبزینگی گیاه جو (*Hordeum Vulgare* L.) در شرایط تنش کم آبی

حسین زاهدی[1*]، اکبر علیپور[1]

۱- استادیار گروه کشاورزی و مرکز تحقیقات کشت‌های تلفیقی، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۳/۱۹

چکیده

جهت بررسی کاهش تنش کم آبی با کاربرد بذرمال و محلولپاشی مواد ضد تنش بر روی عملکرد و صفات فیزیولوژیک در جو آزمایش مزرعه‌ای به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ رژیم آبیاری و ۶ تیمار بذرمال و محلول‌پاشی در سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ به اجرا در آمد. رژیم‌های آبیاری شامل آبیاری مطلوب ، کم‌آبیاری متوسط و کم‌آبیاری شدید در کرت‌های اصلی و کاربرد مواد ضد تنش به صورت بذرمال و محلول پاشی شامل کیتوزان با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، اپی‌براسینولید با غلظت یک میکرو مولار، اسید فولیک با غلظت ۵۰ میکرومولار و گلوتاتیون با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، آب مقطر و شاهد در کرت‌های فرعی به صورت تصادفی قرار گرفتند. نتایج تجزیه آماری داده‌ها و مقایسه میانگین صفات نشان داد که اثر کاربرد مواد ضد تنش در رژیم‌های مختلف آبیاری یکسان بود به طوری‌که در تمامی رژیم‌های آبیاری کیتوزان از لحاظ بهبود صفات اندازه‌گیری شده سرآمد بقیه تیمارهای بذرمال و محلول‌پاشی قرار گرفت و حداکثر صفات عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین صفات مرفولوژی و فیزیولوژی را در جو رقم ریحان بدست آورد. بنابراین در آبیاری مطلوب نیز کاربرد مواد ضد تنش می‌تواند مثمر ثمر واقع شده و بیشتر صفات مطلوب در جو رقم ریحان را نیز افزایش دهد.

واژه‌های کلیدی: اپی‌براسینولید، اسید فولیک، خشکی، عملکرد، کیتوزان

* نگارنده مسئول (hzahedi2006@gmail.com)

مقدمه

یکی از مهمترین محدودیت‌های تولید در مناطق خشـک و نیمـه خشک کمبود آب مـی‌باشـد. گیاهان در طی رشد خود با تنش‌های متعدد محیطی مواجه می‌شوند، هر یک از این تنش‌ها می‌توانند بسته به میزان حساسیت و مرحله رشد گونه گیاهی، اثرات متفاوتی بر رشد، متابولیسم و عملکرد آن‌ها داشته باشند. کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه‌ها، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پر کردن دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها از مهم‌ترین اثرات کم آبی بر گیاهان است (Dietz *et al.*, 2021). تلفات محصول در مزرعه تحت خشکسالی معمولاً بین ۳۰ تا ۹۰ درصد متغیر است. آن‌ها بین گونه‌های محصول متفاوت هستند. حساسیت عملکرد نسبت به کمبود آب بستگی به نوع محصولات کشاورزی برداشت شده مانند ریشه، ساقه، برگ، یا بذر دارد. خشکسالی در مراحل خاص توسعه محصول ممکن است اثرات شدیدی بر عملکرد داشته باشد (Hussain *et al.*, 2019). شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد، کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد می‌توانند تحمل گیاهان را به تنش‌های غیرزیستی مختلف مانند خشکی، تنش فلزات سنگین و همچنین تنش شوری بهبود بخشند (Tanveer *et al.*, 2018). اسید فولیک یا ویتامین B9 از یک هسته پتریدینی که با یک بنیان متیلنی به گروه‌های اسید پاراآمینوبنزوئیک و اسید گلوتامیک متصل می‌گردد، تشکیل شده است (Bermingham & Derrick, 2002). اخیراً تأکید زیادی بر پتانسیل استفاده از ترکیبات طبیعی و ایمن برای تقویت رشد گیاه شده است. فولیک اسید یک ویتامین شناخته شده است که به طور طبیعی در گیاهان عالی سنتز می‌شود و بر رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارد (Ibrahim *et al.*, 2021). محلول پاشی ۵۰ میلی مولار فولیک اسید به طور قابل توجهی باعث افزایش توده زیستی در شرایط تنش خشکی در گشنیز گردید(Khan *et al.*, 2022). گیاهان تیمار شده با فولیک اسید سبب افزایش ۱۷

درصدی Chla را در مقایسه با تیمار شاهد گردید (Khan *et al.*, 2022). در تحقیقی نشان داده شده است که با کاربرد خارجی اسید فولیک در مراحل فنولوژیکی مختلف جو و گندم عملکرد دانه، میزان اسیدهای آمینه (ضروری و غیرضروری) و پروتئین دانه این گیاهان افزایش یافته است (Stakhova *et al.*, 2000). اسیدفولیک کوفاکتور مرکزی برای واکنش انتقال کربن می‌باشد که در بسیاری از واکنش‌های سلولی از قبیل سنتز پورین‌ها، متابولیسم اسیدهای آمینه، تبدیل گلایسین به سرین و شکل‌گیری لیگنین، کلروفیل و کولین و همچنین در چرخه تبخیر و تنش شرکت دارد (Ibrahim *et al.*, 2015). گلوتاتیون یک آنتی اکسیدان قوی است که مسئول تعادل بین اکسیداسیون و آنتی اکسیداسیون شدن می‌باشد و بسیاری از توابع سلولی مانند ترمیم و سنتز DNA و پروتئین و همچنین تنظیم آنزیم‌های گیاهی را مدیریت می‌کند. گلوتاتیون برای مدیریت استرس مهم می‌باشد و همچنین از سلول‌ها در برابر رادیکال‌های آزاد و پراکسیداسیون محافظت می‌کند (Pompella *et al.*, 2003). کیتین که یکی از فراوان ترین پلی‌ساکاریدهای موجود در طبیعت می‌باشد، زنجیره پلیمری از N استیل گلوکوزامین است و با پروتئین‌ها و ترکیبات آلی دیگر همراه می‌باشد. این ماده، ترکیب اصلی دیواره‌های سلولی برخی جانوران از جمله خانواده خرچنگ مانند میگو، خرچنگ و خرچنگ خاردار، حشرات، پاتوژن‌های گیاهی و میکروارگانیسم‌ها را تشکیل می‌دهد. بعد از سلولز، کیتین دومین پلیمر زیستی فراوان موجود در طبیعت است، که کاربردهای متعدد صنعتی، دارویی و کشاورزی برای آن گزارش شده است (Babel & Kurniawan, 2003). کیتوزان یک پلی‌ساکارید گلوکوزامین مشتق شده از کیتین است. معمولاً کیتوزان به کیتینی که بیش از ۵۰ درصد گروه‌های استیل آن حذف شده باشد اطلاق می‌گردد (Hadwiger *et al.*, 2002). در کشاورزی از کیتوزان به‌عنوان کود و در کنترل آزادسازی ترکیبات، محافظت گیاهان در مقابل میکروارگانیسم‌ها و تحریک

جوانه‌زنی و رشد گیاه به کار می‌رود شیمیایی سموم (Sukwattanasinitt *et al.*, 2001)، برای افزایش تولید گیاه، تحریک ایمنی گیاه (Hadwiger *et al.*, 2002). محلول پاشی کیتوزان تا حدودی کاهش ماده خشک و کاهش عملکرد روغن آویشن تحت تنش خشکی را جبران کرد (Emami Bistgani *et al.*, 2017). اثرات تنش خشکی و کاربرد کیتوزان بر کلروفیل a و b حداقل بود و میزان رنگدانه فتوسنتزی نسبتاً بدون تغییر باقی ماند به جز کلروفیل a که تحت تنش خشکی کاهش یافت (Emami Bistgani *et al.*, 2017). تاثیر کیتوزان در حفظ تولید ماده خشک در طول تنش خشکی را می‌توان تا حدی به کاهش تنش با القای بسته شدن روزنه نسبت داد (Bittelli *et al.*, 200). براسینواستروئیدها جزهورمون‌های گیاهی هستند و ۲۴-اپی‌براسینولید یک ترکیب مشابه براسینولید می‌باشد که قابلیت استفاده به عنوان یک براسینولید مصنوعی را دارا می‌باشد. چرا که فعالیت بیولوژیکی آن زیاد بوده و استحصال آن نسبتا ساده است (Xia *et al.*, 2009). براسینواستروئیدها در مقادیر بسیار کم، اثرات بیولوژیکی مهمی نظیر بهبود رشد گیاه، کوتاه سازی دوره رشد رویش و تسریع فرآیند زایشی گیاه، افزایش اندازه دانه، بهبود ترکیبات مغذی و کیفیت دانه، افزایش مقاومت به فاکتورهای محیطی تنش‌زا و بیماری‌ها و افزایش تولید محصول را نشان می‌دهد (Nolan *et al.*, 2020). اپی براسینولید ارتفاع بوته، طول سنبله و وزن خشک ریشه، اندام هوایی و دانه گندم را در مقایسه با شاهد بهبود بخشید (Khan *et al.*, 2021). استفاده از ۲۴ -اپی براسینولید به طور قابل توجهی سطوح هورمون از جمله اسید آبسیزیک، اسید ایندول استیک و سیتوکینین را تحت تنش خشکی بهبود بخشید (Khan *et al.*, 2021). هدف از این پژوهش، کاهش تنش کم آبی با کاربرد بذرمال و محلولپاشی مواد ضد تنش بر روی عملکرد، اجزای عملکرد و صفات فیزیولوژیک در جو است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران واقع در کیلومتر ۱۷ اتوبان تهران- کرج انجام پذیرفت. منطقه مورد پژوهش با موقعیت طول جغرافیایی ۵۱ درجه ۴۳ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۸ دقیقه شرقی و رژیم آب وهوایی نیمه خشک و میانگین بارندگی سالانه ۲۷۳ میلی-متر می‌باشد. نمونه مرکب خاک از تمام قطعات آزمایشی از عمق‌های صفر تا ۳۰ سانتی‌متری و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری در اوایل مهرماه سال ۱۳۹۶ تهیه و به آزمایشگاه تجزیه خاک فرستاده شد که نتایج آن در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱ - ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Soil Texture	EC (ds/m)	pH	O.C (%)	T.N.V (%)	P (ppm)	K (ppm)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Mn (mg/kg)
لومی شنی	۱/۵۸	۷/۴	۱/۲۵	۰/۰۹۹	۴۱	۴۶۰	۶	۲/۶	۷

آزمایش به صورت کرت‌های یکبار خرد شده با بلوک‌های کامل تصادفی با سه رژیم آبیاری و شش تیمار مواد ضد تنش در سه تکرار در محیط اجرا شد. رژیم‌های آبیاری شامل آبیاری مطلوب (تا حد ۳۰٪ آب قابل استفاده در منطقه توسعه ریشه)، کم‌آبیاری متوسط (تا حد ۶۰٪ آب قابل استفاده در منطقه توسعه ریشه) و کم‌آبیاری شدید (تا حد ۹۰٪ آب قابل استفاده در منطقه توسعه ریشه) به صورت تصادفی در کرت‌های اصلی و کاربرد مواد ضد تنش به صورت بذرمال و محلول پاشی شامل کیتوزان با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر، اپی‌براسینولید با غلظت یک میکرو مولار، اسید فولیک با غلظت ۵۰ میکرومولار و گلوتاتیون با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر، آب مقطر و شاهد در کرت‌های فرعی به صورت تصادفی قرار گرفتند. اعمال رژیم‌های آبیاری بعد از گلدهی و قبل از زمان به خوشه‌رفتن

جو انجام شد. استفاده از مواد ضد تنش در سه مرحله انجام گرفت که یکی به صورت بذرمال در هنگام کاشت و دو مرحله دیگر به صورت محلول‌پاشی در زمان گلدهی و خوشه‌رفتن به فاصله یک هفته انجام میزان پتانسیل رطوبتی خاک با توجه به درصد رطوبت حجمی (اعداد به‌دست آمده از TDR) در زمان تنش که با دستگاه TDR اندازه‌گیری شده بود، محاسبه شد.

کشت در تاریخ ۱۵ مهرماه ۱۳۹۶ انجام شد. کنترل علف‌های هرز از طریق محلول‌پاشی با علف‌کش توتال در مرحله پنجه‌زنی تا قبل از ساقه رفتن (۴۰ گرم گرانول + ۱۲۵۰ میلی‌لیتر سورفاکتانت در ۴۰۰ لیتر آب در هکتار) انجام شد. هر کرت مشتمل بر چهار ردیف به طول ۴ متر بود و بین هر کرت آزمایشی یک ردیف نکاشت در نظر گرفته‌شده بود. فاصله بین فاکتورهای اصلی دو متر (برای جلوگیری از نفوذ آب در تنش خشکی بین کرت‌های اصلی) در نظر گرفته شد. آبیاری اول مزرعه به روش سیفونی انجام شد. قبل از کاشت و بر اساس نتایج تجزیه خاک، به ترتیب میزان ۱۰۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم اوره، فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم به خاک داده شد. اعمال تنش کم‌آبی در مرحله رشد زایشی از ابتدای مرحله گل‌دهی تا مرحله رسیدگی اعمال گردید. میزان پتانسیل رطوبتی خاک با توجه به درصد رطوبت حجمی (اعداد به‌دست‌آمده از TDR) در زمان تنش محاسبه شد(شکل ۱). این رطوبت‌سنج‌ها در یک نقطه برای هر کرت، به فواصل عرضی ۳/۶ متر (با توجه به فاصله کرت‌ها از یکدیگر) در نظر گرفته شدند. در هر نقطه یک رطوبت‌سنج، در عمق ۲۴ تا ۳۰ سانتی‌متر، نصب شد. برای نصب رطوبت‌سنج‌ها ابتدا به‌وسیله آگر، حفره‌هایی با ابعاد متناسب با اندازه رطوبت‌سنج در زمین حفر و بعد از قرار دادن رطوبت‌سنج‌ها در عمق‌های مشخص، نسبت به پر کردن و متراکم کردن خاک حفره‌ها تا حصول تراکم زمین در حالت اولیه اقدام شد. در این مرحله، برای ارزیابی دقت حسگرها، اقدام به نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت آن شد. هم‌زمان با داده‌برداری از رطوبت خاک با استفاده از TDR اقدام به ثبت داده‌ها

(هر ۲۴ ساعت یک‌بار به مدت ۱۵ روز) گردید. نمونه خاک از عمق معادل طول میله (۲۴ تا ۳۰ سانتی‌متر) هر یک از حسگرها با استفاده از مته خاک صورت گرفت و مقدار رطوبت با روش توزین اندازه‌گیری شد. این کار با ۱۵ نوبت داده‌برداری ادامه یافت. چگالی ظاهری هر یک از نمونه‌های خاک، بعد از پایان این مرحله هر یک با سه تکرار از روش تعیین دانسیته در محل (سند باتل) و در همان عمق اندازه‌گیری شد تا برای تبدیل رطوبت وزنی به رطوبت حجمی مورداستفاده قرار گیرد. در آزمایشگاه میزان رطوبت وزنی، درصد رطوبت حجمی (حاصل‌ضرب درصد رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری خاک ۱/۴۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب) اندازه‌گیری و درصد آب قابل استفاده (D) بر اساس رابطه ۱ (Martin and Ruiz-Torres, 1990) تعیین و سپس با استفاده از رابطه ۲ درصد تخلیه آب قابل‌استفاده محاسبه شد.

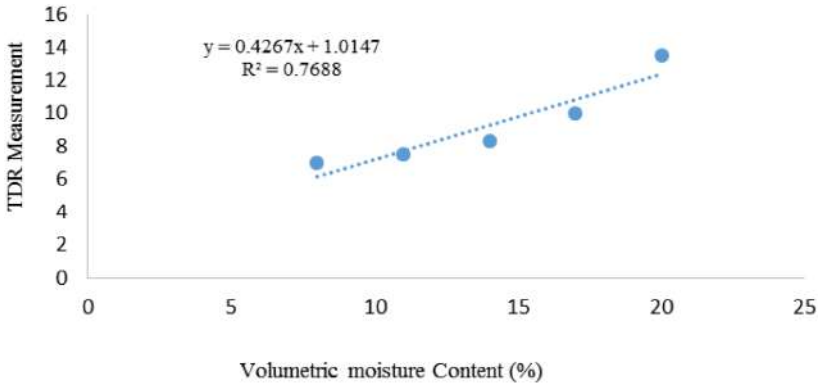
(رابطه ۱)

$$D\ (\%)=\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}\frac{FCi-\theta i}{FCi-Wp}\times 100$$

(رابطه۲)

D -۱۰۰= درصد تخلیه آب قابل‌استفاده

n= تعداد نمونه خاک گرفته‌شده از عمق مؤثر توسعه ریشه، FCi = رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه (پتانسیل رطوبتی معادل ۱۶ درصد وزنی و ۲۲/۵۶ درصد حجمی قرائت‌شده توسط دستگاه TDR) در نمونه iام، θi رطوبت خاک در نمونه iام و Wp رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم (پتانسیل رطوبتی معادل ۶/۷۸ درصد وزنی و ۹/۵۶ درصد حجمی قرائت شده توسط دستگاه TDR) است. از مقایسه رطوبت‌های اندازه‌گیری شده به‌وسیله حسگرها با روش نمونه‌برداری و توزین، اعتبار سنجی صورت گرفت.



درصد حجمی رطوبت نمونه‌برداری

شکل ۱- منحنی رطوبت خاک به‌دست‌آمده از اعداد قرائت‌شده به‌وسیله دستگاه TDR و درصد رطوبت حجمی نمونه‌بردار

برداشت نهایی به هنگام رسیدن فیزیولوژیک دانه و زمانی که دانه‌ها سفت و رنگ سنبله زرد شده بود انجام شد و صفات کمی شامل عملکرد و اجزای عملکرد [طول سنبله، وزن تر سنبله، وزن خشک سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد کاه (عملکرد علوفه)، عملکرد بیولوژیک (بیوماس) و عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی)] روی کلیه واحدهای آزمایشی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین صفات مورفولوژیک از قبیل صفات ارتفاع، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، وزن تر ساقه، وزن خشک ساقه و طول ریشک و صفات فیزیولوژیک شامل میزان سبزینگی، میزان فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای برگ اندازه-گیری و ثبت گردید. برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک از هر کرت تعداد ۵ بوته به صورت تصادفی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه برداشت شد. سطح برگ با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (leaf area meter مدل DELTA- T DEVICES ساخت کشور انگلستان) اندازه‌گیری شد. میزان سبزینگی گیاه با استفاده از دستگاه SPAD-502 مدل Konica Minolta, Osaka, Japan، روی چهار بوته در هر کرت به صورت تصادفی انجام گرفت. معدل این چهار گیاه به

عنوان میزان سبزینگی برگ در هر کرت در نظر گرفته شد. میزان فتوسنتز و هدایت روزنه ای برگ گیاه با استفاده از سیستم تبادل گاز قابل حمل (portable gas exchange system) مدل (Li-Cor 6400, Li-Cor Inc., Lincoln, NE, USA در تمام کرت‌ها اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری میزان کاه جو

در ابتدای سنبله‌دهی به منظور تعیین میزان کاه جو با حذف اثرات حاشیه ۰/۵ متر مربع از هر کرت به صورت تصادفی و کف‌بر برداشت شده و سنبله از گیاه جو جدا گردیده و سپس بقیه نمونه هر کرت در پاکت کاغذی قرار گرفته و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و توزین گردید. اعداد بدست آمده از هر نمونه دو برابر شده تا وزن کاه جو برای هر کرت در یک مترمربع بدست آید. در هنگام برداشت، از دو ردیف وسط هر کرت آزمایشی ۰/۵ متر مربع نمونه به صورت کف بر برداشت شد (که نمونه‌برداری‌های تخریبی فصل رشد در آن انجام نشده است) و داخل کیسه‌های مقوایی قرار گرفت. ابتدا میانگین طول سنبله، وزن تر سنبله، تعداد دانه در سنبله روی این نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه اندازه‌گیری و سپس سنبله‌ها و کاه وکلش به صورت مجزا به داخل آون (۴۸ ساعت تحت دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد) جهت خشکاندن منتقل و بعد از خروج از آون با ترازوی با دقت ۰/۱ گرم توزین شدند و بدین ترتیب عملکرد بیولوژیک از جمع وزن خشک سنبله و کاه وکلش خشک شده جو بدست آمد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۳ و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام گرفت. داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها برای سهولت در محاسبات ریاضی در صفحات برنامه‌ی Excel ثبت گردید و سپس برای تجزیه به نرم‌افزار SAS منتقل شد. قبل از تجزیه واریانس داده‌ها، تست نرمالیتی انجام گرفته و پس از اطمینان از توزیع نرمال باقیمانده‌ها تجزیه واریانس توسط رویه ANOVA در نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد برگ

رژیم آبیاری و مواد ضد تنش اثر معنی‌داری بر تعداد برگ گیاه جو داشت. همچنین اثر متقابل این عامل‌ها برای این صفت نیز معنی‌دار بود (جدول ۲).

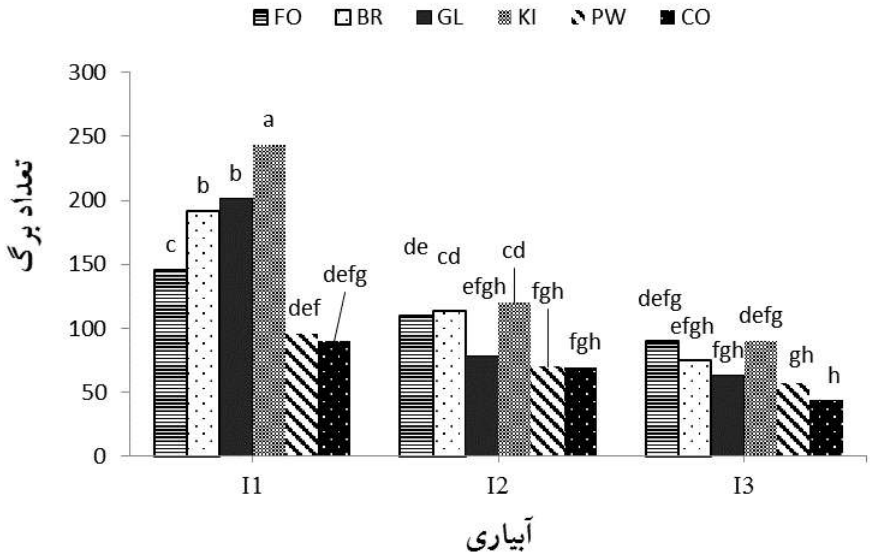
جدول ۲- تجزیه واریانس سطح و سبزینگی برگ جو

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		تعداد برگ	ارتفاع ساقه
تکرار	۲	۱۶۵/۰۱۸۵۲	۴/۰۱۸۵۱۸۵
آبیاری	۲	۴۰۳۵۹/۳۰**	۱۸۹/۴۶۲۹۶۳۰**
خطای اصلی	۴	۳۳۲/۳۲۴	۱/۵۷۴۰۷۴۱
مواد ضد تنش	۵	۹۰۵۵/۵۷۴۰۷**	۴۳/۳۵۱۸۵۱۹**
آبیاری × مواد ضد تنش	۱۰	۲۴۳۰/۳۹۶**	۸/۸۴۰۷۴۰۷ns
خطای فرعی	۳۰	۴۳۴/۰۴۴۴	۷/۴۳۳۳۳۳۳
ضریب تغییرات (٪)		۱۹/۲۷	۳/۸

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال، ۵٪ و ۱٪

نتایج مقایسات میانگین نشان داد که در تمامی تیمارهای آبیاری حداکثر تعداد برگ مربوط به کاربرد کیتوزان بود می‌باشد (شکل ۲). که این مقدار در آبیاری مطلوب در حداکثر مقدار خود می‌باشد (۲۴۳/۳۳۳۳) که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کاربرد گلوتاتیون و اپی‌براسینولید دارد. کمترین تعداد برگ هم به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (۴۳/۶۶۶۷)، آب مقطر (۵۷/۳۳۳۳) و گلوتاتیون (۶۳) بود که در کم‌آبیاری شدید به دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی-داری نداشتند. در حالت کلی تعدادبرگ در اثر تنش کم‌آبی کاهش پیدا کرد، اما کاربرد مواد ضد تنش موجب کاهش و تعدیل اثرات تنش کم‌آبی شد که بیشترین تاثیر مثبت هم در تمامی رژیم‌های آبیاری مربوط به کاربرد کیتوزان بود. در تمامی رژیم‌های آبیاری کمترین تعداد برگ مربوط به گیاهان شاهد می‌باشد.

کاهش میزان تنش و حفظ رطوبت خاک و در نتیجه بهبود پتانسیل آب گیاه و کارایی مصرف آب توسط محلول پاشی با مواد ضد تنش باعث افزایش پارامترهای رشد می‌شود (Al-Desouki *et al.*, 2009). افزایش پارامترهای رشد در نتیجه محلول پاشی با کائولین، به دلیل کاهش تلفات آب از طریق تنش و افزایش انعکاس قسمتی از تابش خورشیدی از سطح برگ و بهبود وضعیت رطوبتی خاک توجیه شد (Thakuria *et al.*, 2004).



شکل ۲- میانگین تعداد برگ جو ناشی از رژیم‌های آبیاری با کاربرد بذرمال و محلولپاشی مواد ضد تنش

I_1، I_2 و I_3: به ترتیب آبیاری مطلوب، کم آبیاری متوسط و کم‌آبیاری شدید

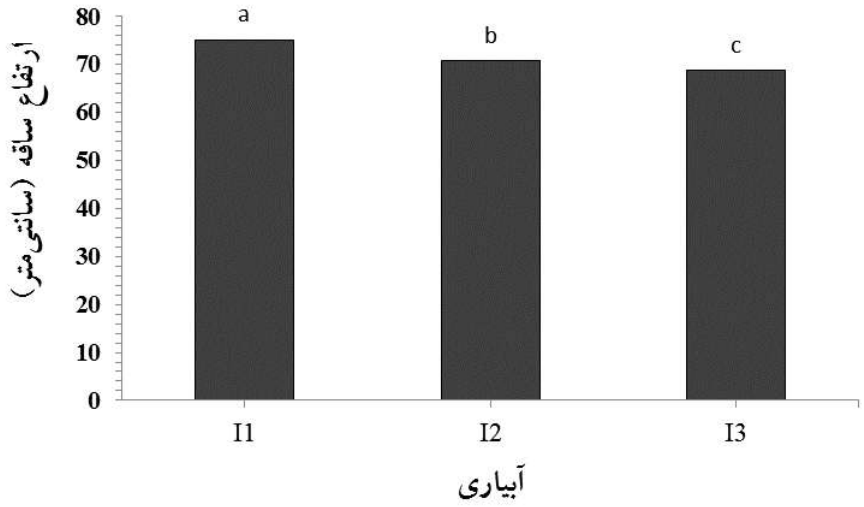
FO، BR، GL، KI، PW و CO: به ترتیب فولیک اسید، اپی براسینواستروئید، گلوتاتیون، کیتوزان، آب مقطر و شاهد

حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

ارتفاع ساقه

براساس نتایج حاصل با اینکه اثر متقابل رژیم‌های آبیاری × کاربرد مواد ضد تنش روی ارتفاع ساقه جو معنی‌دار نبود ولی رژیم‌های آبیاری اثر معنی‌داری روی این صفت داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین ارتفاع ساقه در رژیم‌های مختلف آبیاری (شکل ۳) نشان می‌دهد که تنش کم‌آبی باعث کاهش ارتفاع بوته در آزمایش شده است. آبیاری مطلوب

بیشترین ارتفاع ساقه (۱۱/ ۷۵ سانتی‌متر) را به خود اختصاص داده است که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با رژیم کم‌آبیاری متوسط (۷۰/۷۲ سانتی‌متر) داشت. کمترین ارتفاع ساقه جو نیز در تیمار رژیم کم‌آبیاری شدید (۶۸/۷۷ سانتی‌متر) مشاهده شد.



شکل ۳- میانگین ارتفاع ساقه جو ناشی از رژیم‌های آبیاری

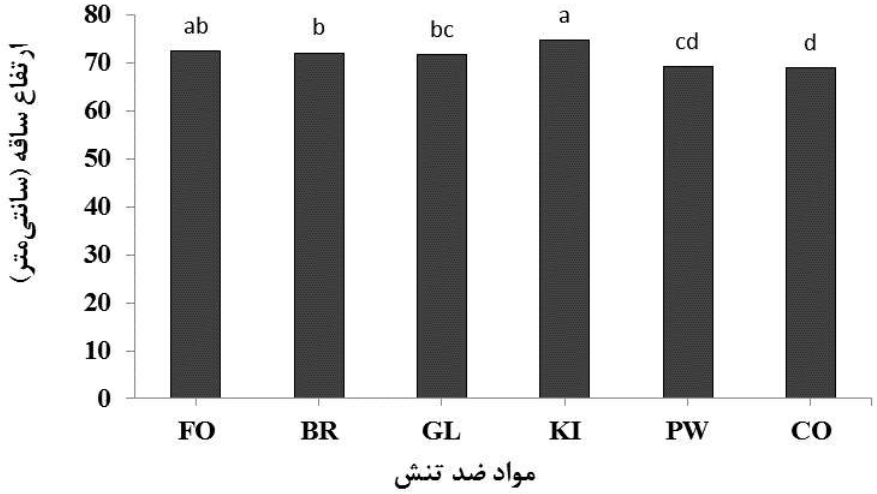
I_1، I_2 و I_3: به ترتیب آبیاری مطلوب، کم آبیاری متوسط و کم‌آبیاری شدید
حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

تنش آبی به طور قابل توجهی ارتفاع بوته گندم و پارامترهای رشد را کاهش می‌دهد. مطالعات نشان می‌دهد که قطع آب به مدت ۲۰ روز می‌تواند ارتفاع گیاه را تا ۳۹/۸۶ درصد در مقایسه با شرایط شاهد کاهش دهد (Sinha *et al.*, 2019). تنش آبی بر محتوای نسبی آب برگ، پتانسیل آب، پتانسیل اسمزی و پتانسیل ترگر تأثیر منفی می‌گذارد و منجر به کاهش رشد رویشی و اجزای عملکرد می‌شود (Wato, 2020). یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش آماس و در نتیجه رشد و توسعه‌ی سلول به ویژه در ساقه است. با کاهش رشد سلول اندازه‌ی اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از ارتفاع گیاهان تشخیص داد

(Dietz *et al.*, 2021). کافی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که که در شرایط کمبود آب فشار آماس کاهش می‌یابد و به همین دلیل رشد سلول یکی از حساس‌ترین فرایندهای فیزیولوژیکی به خشکی است. در تنش شدید خشکی طویل شدن سلول‌های گیاهان عالی، به علت اختلال در جریان آب از آوند چوبی به سمت سلول‌های در حال رشد، دچار مشکل می‌شود و درنتیجه‌ی اخلال در طویل شدن سلول‌ها و تقسیم میتوز، ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (Hussain *et al.*, 2008).

Manivannan *et al* (2007) نتیجه گرفتند که تنش خشکی از طریق پیری زودرس در برگ‌ها و کاهش فتوسنتز موجب کاهش ارتفاع بوته می‌گردد. کاهش ارتفاع بوته بر اثر تنش خشکی در گیاهان عدس (Chadordooz-Jeddi *et al.*, 2013)، جعفری (Petropoulos *et al.*, 2008)، و ماریتیغال (یعقوبیان، ۱۳۹۵) نیز گزارش شده است.

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تأثیر مواد ضد تنش بر روی صفت ارتفاع ساقه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تأثیر مواد ضد تنش بر ارتفاع ساقه (شکل ۴) نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه زمانی حاصل شد که از ماده ضد تنش کیتوزان (۷۴/۷۸ سانتی‌متر) استفاده شد که از لحاظ آماری اختلاف معنی-داری با ارتفاع ساقه گیاهان حاصل از فولیک اسید (۷۲/۴۴ سانتی‌متر) نداشت. کمترین ارتفاع بوته نیز مربوط به تیمار بدون مصرف مواد ضد تنش (۶۸/۸۹ سانتی‌متر) بود.



شکل ۴- میانگین تعداد برگ جو ناشی از کاربرد بذرمال و محلولپاشی مواد ضد تنش

FO، BR، GL، KI، PW و CO: به ترتیب فولیک اسید، اپی براسینواستروئید، گلوتاتیون، کیتوزان، آب مقطر و شاهد
حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

کمبود آب، موجب کاهش ارتفاع بوته می‌شود و علت این پدیده، اثر منفی تنش آب بر روابط هورمونی و آبی گیاه است زیرا رشد گیاه نه تنها به تجمع مواد خام از طریق فتوسنتز و جذب عناصر بستگی دارد، بلکه به حفظ پتانسیل زیاد آب گیاه جهت طویل شدن سلول‌ها در شرایط مصرف مواد ضد تنش مربوط می‌باشد (Farouk & Ramadan-Amany, 2012). Al-Desouki *et al* (2009) افزایش ارتفاع درخت Sultani fig را در نتیجه محلولپاشی مواد ضد تنش گزارش کردند. Abd El-Kader *et al* (2006) افزایش پارامترهای رشد موز را محلولپاشی مواد ضد تنش گزارش کردند .عبدالکریم شیخا و مالیک (Abdel Kareem Sheikha & Malik, 2011) بیان نمود که محلول پاشی ماده ضد تنش کیتوسان تأثیر مثبتی در میزان رشد شاخه‌ها و ریشه‌ها در گیاه لوبیا داشته است. فاروق و امانی (Farouk & Ramadan-Amany, 2012) اظهار کردند که کاربرد ماده ضد تنش کیتوسان با غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر

میزان رشد گیاه نخود گاوی را افزایش داده است.

طح برگ

سطح بر

سطح برگ

سطح برگ جو به طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری و کاربرد مواد ضد تنش قرار گرفت. همچنین اثر متقابل آبیاری × کاربرد مواد ضد تنش نیز برای این صفت در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار معنی‌دار بود (جدول ۳).

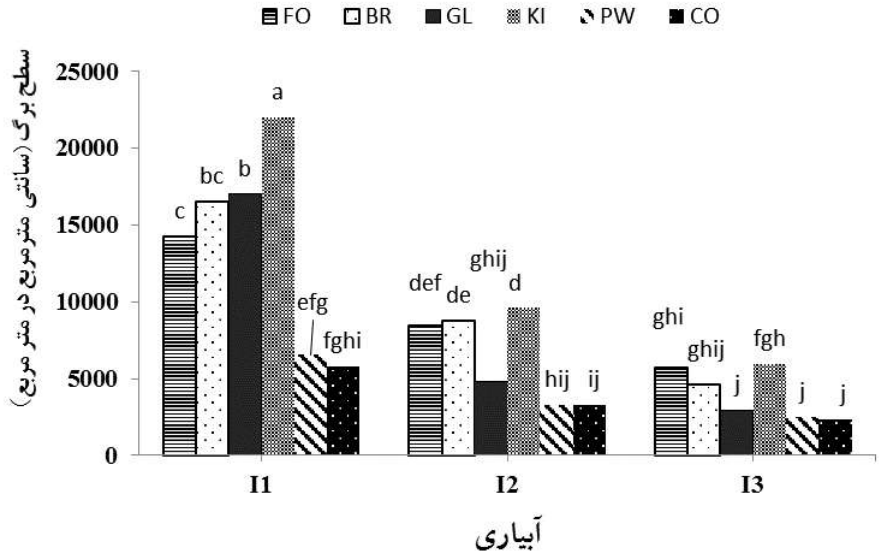
جدول ۳- تجزیه واریانس سطح و سبزینگی برگ جو

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		سطح برگ	سبزینگی برگ (Spad)
تکرار	۲	۴۷۴۳۲۵/۲	۱۰/۴۸۹۰۷۴
آبیاری	۲	۴۵۷۴۴۳۵۶۲/۳**	۷۲۸/۱۹۹۰۷۴**
خطای اصلی	۴	۲۱۷۳۶۱۵/۰	۱/۲۰۶۸۵۲
مواد ضد تنش	۵	۱۰۶۷۳۴۹۵۸/۶**	۳۸/۷۴۹۱۸۵ns
آبیاری × مواد ضد تنش	۱۰	۲۳۹۴۷۶۴۳/۹**	۳۲/۸۱۶۶۳۰ns
خطای فرعی	۳۰	۲۶۰۵۹۷۵/۰	۱۱/۳۷۹۵۹۳
ضریب تغییرات (٪)		۲۰/۱۲	۱۳/۱۱

ns، * و** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال، ۵٪ و ۱٪

تنش کم‌آبی موجب کاهش متوسط سطح برگ شده است و از طرفی حداکثر سطح برگ در تمامی رژیم‌های آبیاری در کاربرد ماده ضد تنش کیتوزان به‌دست آمد (شکل۵). که این مقدار در آبیاری مطلوب در بالاترین مقدار خود (۲۲۰۲۲ سانتی‌مترمربع در متر مربع) می‌باشد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با سطح برگ گیاهان حاصل از کاربرد گلوتاتیون (۱۶۹۹۶ سانتی‌مترمربع در متر مربع)، اپی براسینواستروئید (۱۶۵۱۸ سانتی-

مترمربع در مترمربع) و فولیک اسید (۱۴۲۶۷ سانتی‌مترمربع در متر مربع) داشت. این در حالی است که کمترین مقدار این صفت در تمامی رژیم‌های آبیاری مربوط به تیمار بدون مصرف مواد ضد تنش و آب مقطر بود که مقدار این دو صفت اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین سطح برگ نشان می‌دهد که در کم‌آبیاری متوسط صفت مذکور در تیمار شاهد (تیمار بدون مصرف مواد ضد تنش) با تیمار گلوتاتیون اختلاف معنی‌داری نداشت.



شکل ۵- میانگین سطح برگ جو ناشی از رژیم‌های آبیاری با کاربرد بذرمال و محلولپاشی مواد ضد تنش

I1، I2 و I3: به ترتیب آبیاری مطلوب، کم آبیاری متوسط و کم‌آبیاری شدید

FO، BR، GL، KI، PW و CO: به ترتیب فولیک اسید، اپی براسینواستروئید، گلوتاتیون، کیتوزان، آب مقطر و شاهد

حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

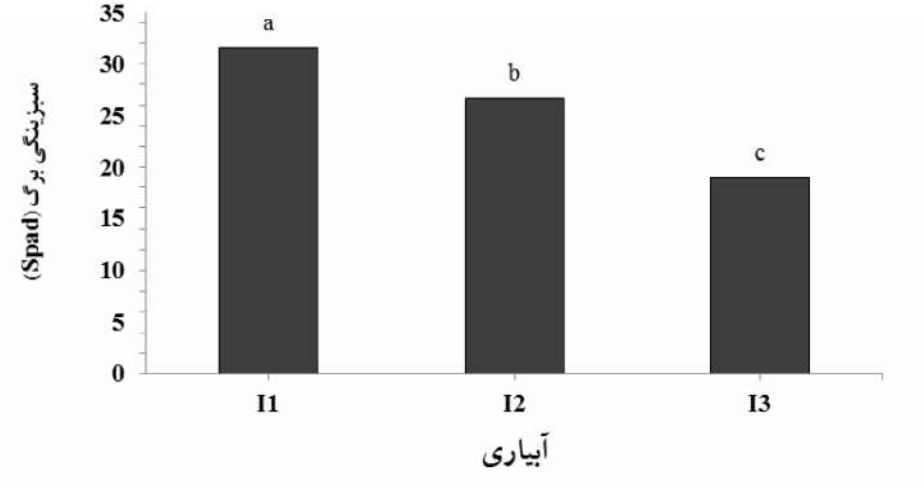
در شرایط کم‌آبیاری شدید، میزان سطح برگ در تیمار شاهد از لحاظ آماری با تیمارهای آب مقطر، گلوتاتیون و اپی براسینواستروئید اختلاف معنی‌داری نداشت. در حالت کلی کاربرد مواد ضد تنش موجب تعدیل اثرات تنش کم‌آبی شده است.

کاربرد مواد ضد تنش سبب بهبود جذب مواد معدنی، تحریک رشد گیاهچه، محتوای کلروفیل و کاروتنوئیدها در برگ می‌شود که بهبود این صفات موجب افزایش ارتفاع گیاه، قطر ساقه، سطح برگ و دوام سطح برگ و نیز کاهش تنش از سطح برگ‌ها و در نهایت افزایش و بهبود شاخص‌های رشدی می‌شود (Farouk & Ramadan-Amany, 2012). بنابراین کاربرد مواد ضد تنش از طریق بهبود در فرآیندهای بیوشیمیایی و سلولی باعث افزایش و بهبود صفات فیزیولوژیک از جمله سطح برگ خواهد شد. همچنین Abu-Muriefah (2013) گزارش کرد که محلول‌پاشی کیتوزان در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) موجب افزایش تعداد ساقه اولیه، ارتفاع ساقه، سطح برگ، اجزای عملکرد و عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی تحت آبیاری شده است.

سبزینگی برگ

نتایج تجزیه واریانس سبزینگی برگ جو نشان داد که این صفت به طور معنی‌داری تحت تأثیر رژیم‌های آبیاری قرار گرفت. اما کاربرد مواد ضد تنش و همچنین اثر متقابل آبیاری × کاربرد مواد ضد تنش نیز برای این صفت معنی دار معنی‌دار نبود (جدول ۳).

مقایسه میانگین سبزینگی برگ در رژیم‌های مختلف آبیاری (شکل ۶) نشان می‌دهد که تنش کم‌آبی باعث کاهش سبزینگی برگ در آزمایش شده است. آبیاری مطلوب بیشترین سبزینگی برگ (Spad ۳۱/۵۵) را به خود اختصاص داده است که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با رژیم کم‌آبیاری متوسط (۲۶/۶۹ Spad) داشت. کمترین سبزینگی برگ جو نیز در تیمار رژیم کم‌آبیاری شدید (۱۸/۹۴ Spad) مشاهده شد. تنش کم‌آبی متوسط و شدید به ترتیب موجب گاهش ۱۵/۴۰ و ۳۹/۹۶ درصدی سبزینگی برگ شده است.



شکل ۶- میانگین سبزینگی برگ جو ناشی از رژیم‌های آبیاری

I1، I2 و I3: به ترتیب آبیاری مطلوب، کم آبیاری متوسط و کم‌آبیاری شدید
حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

دو پاسخ مهم گیاه به تنش خشکی، کاهش سطح برگ و افزایش نسبت ریشه به ساقه است. واکنش برگ به خشکی نسبت به ریشه و ساقه بیشتر است. قابلیت دسترسی به آب نقش مهمی در ساختار برگ دارد. کاهش تعداد و سطح برگ در شرایط تنش خشکی، سبب کاهش ناحیه سطحی تنش، افزایش جذب آب از خاک و در نهایت مقاومت گیاه در برابر تنش می‌شود. کاهش سطح برگ می‌تواند ناشی از کاهش تقسیم سلولی و همچنین ریزش و پیری برگ‌ها باشد (Hopkins & Huner, 2004) و افزایش نسبت ریشه به ساقه عمدتاً مربوط به کاهش بیشتر تاج گیاه نسبت به ریشه در شرایط تنش خشکی است. سیستم ریشه‌ای در جذب آب اهمیت زیادی دارد. سیستم‌های ریشه‌ای عمیق و گسترده قادر هستند رطوبت را از بخش‌های زیرین خاک با کارآیی بالاتر جذب نمایند. بنابراین، توسعه سیستم ریشه‌ای، سبب افزایش کارآیی جذب آب از خاک می‌شود. شواهد موجود حاکی از آن است که افزایش ABA در پتانسیل‌های پایین آب، اثرات متفاوتی بر رشد ریشه و اندام‌های هوایی دارد، به‌طوری‌که رشد

اندام‌های هوایی تا حد زیادی کم شده، اما رشد ریشه تداوم می‌یابد (Ji *et al.*, 2010).

وزن هزار دان

وزن هزار دانه جو به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر محدودیت آب و کاربرد مواد ضد تنش قرار گرفت، اما اثر متقابل آبیاری × کاربرد مواد ضد تنش برای این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۴).

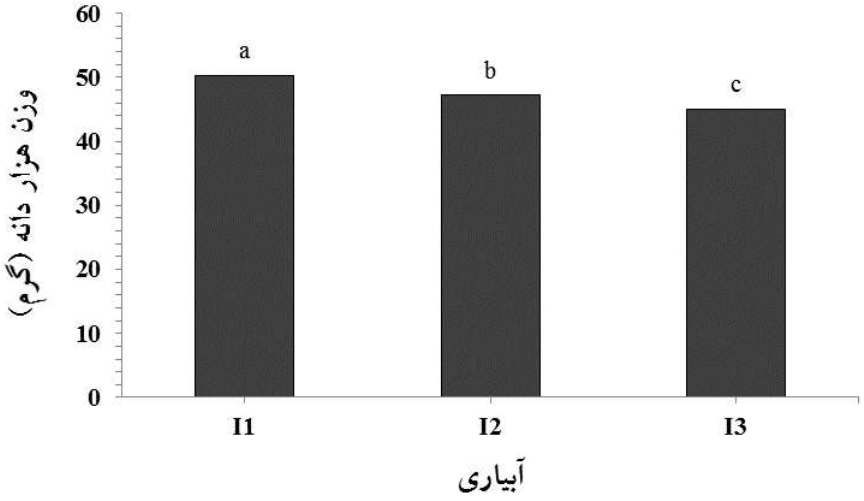
جدول ۴- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد جو

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن هزار دانه	عملکرد اقتصادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد کاه
تکرار	۲	۱۴/۷۹۸۰۷۹۶	۱۱۱۶۰۸/۴۱	۳۸۰۴۶۹۹/۲	۹۷۸۷۰۱/۱۰
آبیاری	۲	۱۲۲/۰۹۳۲۲۴۱**	۲۸۴۲۶۷۲۱/۳۵**	۷۰۴۰۷۶۹۹/۶**	۱۱۴۰۵۴۳۶/۶۸**
خطای اصلی	۴	۴/۲۹۶۲۴۶۳	۲۴۳۶۶۴/۶۹	۱۶۵۴۰۹۵/۵	۹۵۴۰۰۳/۳۰
مواد ضد تنش	۵	۳۴/۳۳۴۵۰۹۶**	۸۵۸۸۷۰۸/۷۰**	۱۸۳۵۳۳۶۱/۷**	۳۹۶۶۹۸۹/۳۶**
آبیاری × مواد ضد تنش	۱۰	۲/۱۵۹۷۷۳۰ns	۴۵۶۷۰۴/۸۸ns	۲۰۶۷۷۹۱/۶۰ns	۱۴۵۴۴۶۹/۳۹*
خطای فرعی	۳۰	۴/۸۶۷۶۷۳۰	۶۵۵۸۷۸/۲	۲۸۱۲۵۶۲/۶	۳۴۸۲۵۳/۶۲
ضریب تغییرات (٪)		۴/۶۴	۱۶/۳۹	۲۰/۶۹	۱۸/۶۴

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال، ۵٪ و ۱٪

میانگین وزن هزار دانه گیاهان به‌طور معنی‌داری با افزایش میزان آب قابل دسترس افزایش یافت، در آبیاری مطلوب بیشترین میزان وزن هزار دانه (۲۱/ ۵۰ گرم) به‌دست آمد که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با رژیم کم‌آبیاری متوسط (۴۷/۱۵ گرم) داشت، و کم‌آبیاری متوسط هم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با کم‌آبیاری شدید (۴۵/۰۳ گرم) داشت. به طوری که وزن هزار دانه در گیاهان تحت تنش شدید کم‌آبیاری (I_3) نسبت به آبیاری مطلوب (I_1)، ۱۰/۳۲ درصد کاهش یافته بود (شکل ۷). کم آبی در زمان پر شدن دانه ها باعث کاهش عملکرد دانه از طریق تقلیل فتوسنتز می‌گردد، در نتیجه

انتقال مواد فتوسنتزی برای پر کردن دانه‌ها اهمیت پیدا می‌کند، فتوسنتزی که در طول پر شدن دانه‌ها صورت می‌گیرد معمولاً مهمترین منبع تشکیل دهنده وزن دانه و عملکرد دانه می‌باشد، علت آن این است که اغلب مواد فتوسنتزی قبل از پر شدن دانه در رشد رویشی یا گلدهی مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حالی که در طول پر شدن دانه اغلب مواد فتوسنتزی به فرآیند پر شدن دانه اختصاص می‌یابد (Emami Bistgani *et al.*, 2017). این نتایج به وضوح تأثیر منفی تنش کم‌آبیاری را به‌خصوص به کم‌آبیاری شدید را نشان می‌دهد. نتایج مشابهی توسط یعقوبیان (۱۳۹۵) در ماریتیغال و یعقوبیان (۱۳۹۰) در مورد گندم گزارش شده است.



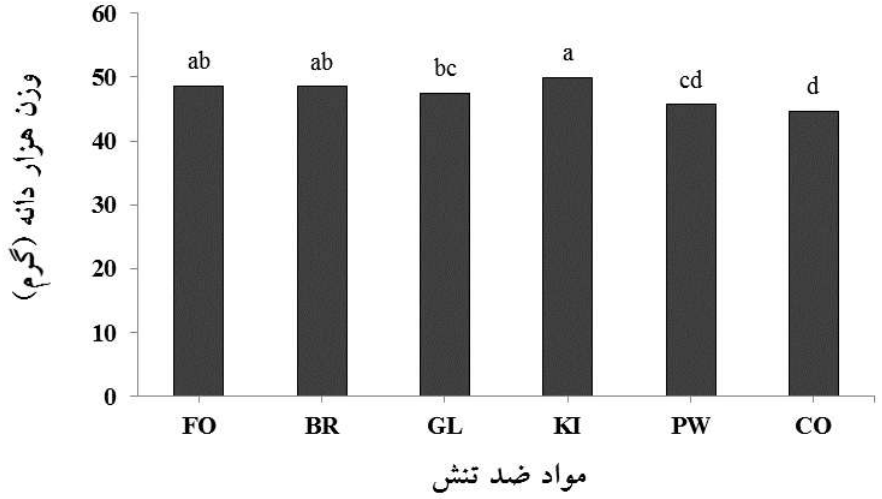
شکل ۷- میانگین وزن هزار دانه جو ناشی از رژیم‌های آبیاری

I1، I2 و I3: به ترتیب آبیاری مطلوب، کم آبیاری متوسط و کم‌آبیاری شدید
حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

با توجه به شکل ۸ ملاحظه می‌شود که تیمار کیتوزان توانسته بیشترین وزن هزار دانه (۴۹/۸۶ گرم) را موجب شود و در گروه آماری a قرار گیرد و کمترین مقدار مربوط به تیمار

بدون اعمال مواد ضد تنش بود (۴۴/۶۸ گرم). ماده ضد تنش کیتوزان از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با اپی براسینواستروئید (۴۸/۴۸ گرم) و فولیک اسید (۴۸/۵۸ گرم) نداشت. تیمار شاهد (بدون مصرف مواد ضد تنش) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با مقدار این صفت در کاربرد آب مقطر (۴۵/۶۵ گرم) نداشت. افزایش وزن هزار دانه ذرت، جو، سویا با به‌کاربردن مواد ضد تنش توسط محققان دیگر گزارش گردید (Yadav & Kumar, 1998). Burme *et al* (2011) به نقش مثبت مواد ضد تنشی چون کائولین در کاهش استرس آبی در گیاه زیتون بوسیله افزایش محتوای رطوبت نسبی گیاه و راندمان مصرف آب اشاره نمودند. همچنین Yadav & Singh (1981)بیان نمودند که کاربرد مواد ضد تنش موجب کاهش تنش در گیاه و صرفه جویی در مصرف آب شده و اثرات کمبود آب در گیاهان تحت تنش را به گیاهان تحت آبیاری معمول تا حدود زیادی کاهش می‌دهد. کاهش وزن هزار دانه گیاهان شاهد به دلیل محدودیت آبیاری بوده در حالی که در گیاهان تیمار شده با مواد ضد تنش با افزایش پتانسیل آب برگ‌ها در شرایط کمبود آب تا حدودی از کاهش وزن هزار دانه جلوگیری کرده است . دلیل معنی‌دار نشدن اثرات متقابل وزن هزار دانه شاید به دلیل تغییرات کمتر وزن هزار دانه در دو شرایط محدودیت آبیاری قبل از گلدهی و بعد از گلدهی بوده که معنی دار نشده اند. از دلایل دیگر معنی دار نشدن اثرات متقابل می‌توان به تأثیر مثبت مواد ضد تنش در صرفه جویی آب نسبت داد.

.

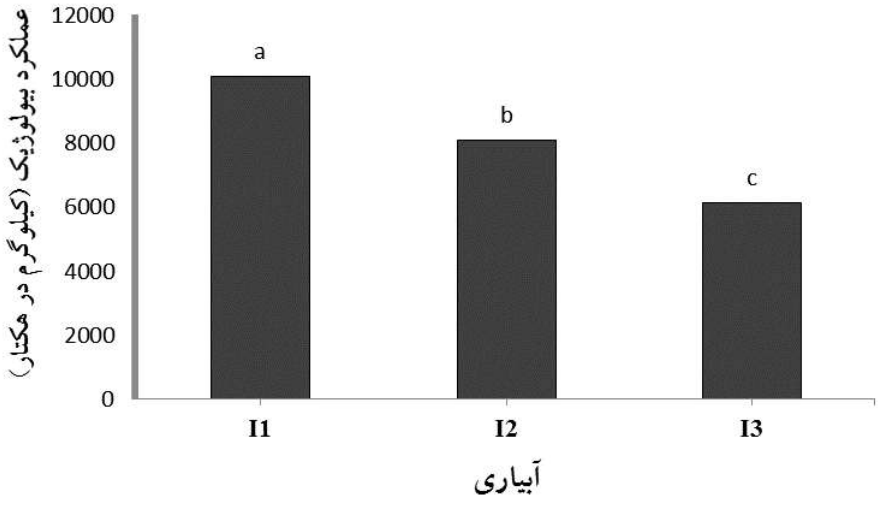


شکل ۸- میانگین وزن هزار دانه جو ناشی از کاربرد بذرمال و محلولپاشی مواد ضد تنش

FO، BR، GL، KI، PW و CO: به ترتیب فولیک اسید، اپی براسینواستروئید، گلوتاتیون، کیتوزان، آب مقطر و شاهد
حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

عملکرد بیولوژیک

اثر متقابل آبیاری × کاربرد مواد ضد تنش روی عملکرد بیولوژیک معنی‌دار نبود ولی رژیم‌های آبیاری و مواد ضد تنش (در سطح احتمال یک (درصد) اثر معنی‌داری بر روی این صفات داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک جو در رژیم‌های مختلف آبیاری (شکل ۹) نشان می‌دهد که تنش کم-آبی باعث کاهش عملکرد بیولوژیک در آزمایش شده است. آبیاری مطلوب بیشترین عملکرد بیولوژیک (۱۰۰۸۵ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داده است که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با رژیم کم-آبیاری متوسط (۸۱۰۲ کیلوگرم در هکتار) داشت. کمترین عملکرد بیولوژیک جو نیز در تیمار رژیم کم‌آبیاری شدید (۶۱۲۹ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با کم‌آبیاری متوسط داشت. تنش کم‌آبی متوسط و شدید به ترتیب موجب کاهش ۱۹/۶۶ و ۳۹/۲۲ درصدی عملکرد بیولوژیک شده است.

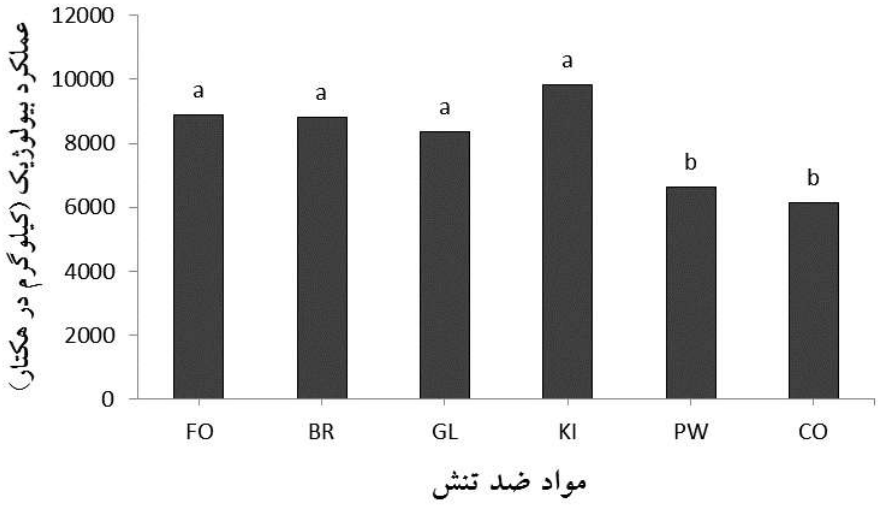


شکل ۹- میانگین عملکرد بیولوژیک جو ناشی از رژیم‌های آبیاری

I1، I2 و I3: به ترتیب آبیاری مطلوب، کم آبیاری متوسط و کم‌آبیاری شدید
حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

تنش خشکی موجب کاهش فتوسنتز می‌گردد که ناشی از کاهش جذب دی اکسید کربن و هم به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌هاست (Dietz *et al.*, 2021).

نتایج نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیک جو در نتیجه کاربرد مواد ضد تنش افزایش یافت (شکل ۱۰). عملکرد اقتصادی درنتیجه استفاده از ماده ضد تنش کیتوزان (۹۸۳۰/۵ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای اپی براسینواستروئید (۸۸۱۱/۱ کیلوگرم در هکتار)، فولیک اسید (۸۸۷۵/۹ کیلوگرم در هکتار) و گلوتاتیون (۸۳۵۲/۴ کیلوگرم در هکتار) نداشت. تیمار شاهد (۶۱۲۹ کیلوگرم در هکتار) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با مقدار این صفت در کاربرد آب مقطر (۶۶۳۵/۳ کیلوگرم در هکتار) نداشت.



شکل ۱۰- میانگین عملکرد بیولوژیک جو ناشی از کاربرد بذرمال و محلولپاشی مواد ضد تنش

FO، BR، GL، KI، PW و CO: به ترتیب فولیک اسید، اپی براسینواستروئید، گلوتاتیون، کیتوزان، آب مقطر و شاهد
حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

اما استفاده از مواد ضد تنش تحت شرایط محدودیت آبیاری عکس قضیه را به اثبات رسانده و نشان داده است که کاربرد مواد ضد تنش با حفظ رطوبت گیاه توانسته تا حدودی اثرات کمبود رطوبت را جبران نماید. افزایش آسیمیلاسیون کربن و فتوسنتز در نتیجه کاربرد مواد ضد تنش توسط محققان بسیاری گزارش گردیده است (Vaast *et al.*, 2006). ، افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو در فرآیند فتوسنتز موجبات افزایش رشد رویشی را فراهم می‌آورد (Vaast *et al.*, 2006). افزایش عملکرد بیولوژیک گندم را با کاربرد مواد ضد تنش گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

رژیم‌های آبیاری اثرات متفاوتی را بر صفات مختلف گیاه از جمله عملکرد و اجزای عملکرد جو رقم ریحان اعمال نمود، به طوریکه بهترین نتیجه در آبیاری مطلوب بدست آمد اما رتبه‌بندی تیمار کاربرد مواد ضد تنش نسبت به تیمار رژیم‌های آبیاری متفاوت بود به طوریکه حتی کاربرد مواد ضد تنش در آبیاری مطلوب نیز توانست بیشتر صفات اندازه‌گیری

شده در جو را نسبت به شاهد ارتقاء دهد و این ارتقاء توسط کیتوزان در جو رقم ریحان از کلیه مواد ضد تنش دیگر بیشتر بود. اپی‌براسینولید در آبیاری مطلوب در رتبه بعدی کیتوزان قرار گرفت و گلوتاتیون در گروه سوم اثرات ارتقاء خود را روی جو رقم ریحان از خود نشان داد. در کم‌آبیاری متوسط و شدید کیتوزان از لحاظ بهبود صفات اندازه‌گیری شده سرآمد بقیه تیمارهای بذرمال و محلول‌پاشی قرار گرفت.

منابع

کافی م.، ا. برزویی، م. صالحی، ع. کمندی، و ج. نباتی. ۱۳۸۸. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۰۲ ص.

یعقوبیان ا. ۱۳۹۵. اثر مدت پیش تیمار آبی و محدودیت آب بر عملکرد مزرعه‌ای ماریتیغال (*Silybum marianum* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

یعقوبیان ی. ۱۳۹۰. تأثیر قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا (*Glomus mosseae*) و شبه میکوریزا (*Piriformospora indica*) روی مقاومت به خشکی گندم دیم با استفاده از شاخص‌های بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی. پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته زراعت. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

Abdel Kareem Sheikha, S.A. and F.M. Malik. 2011. Growth and chlorophyll responses of bean plants to chitosan applications. European Journal of Sciencetific Research, (50)1: 124- 134.

Al-Desouki M. I., I.E. Abd El-Rahman, and A.F. Sahar. 2009. Effect of some antitranspirant and supplementary irrigation on growth, yield and fruit quality of Sultani fig (Ficus Carica) grown in the Egyption western Coastal. Research Journal of Agriculture and Biological sciences, 5(6): 899- 908.

Babel, S. and T.A. Kurniawan. 2003. Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated

Dietz, J., C. Zörb, and M. Geilfus. 2021. Drought and crop yield. Plant Biology, 23(6): 881-893 .

Emami Bistgani, Z., S.A. Siadat, A. Bakhshandeh, A. Ghasemi Pirbalouti, and M. Hashemi. 2017. Interactive effects of drought stress and chitosan application on physiological characteristics and essential oil yield of Thymus daenensis Celak. The Crop Journal, 5(5): 407-415 .

Farouk, S. and A. Ramadan-Amany. 2012. Improving growth and yield of growth by foliar application of chitosan under water stress. Egyption Journal of biology. 14: 14-26.

Hadwiger, L.A., S.J. Klosterman, and J.J. Choi, 2002. The mode of action of chitosan and its oligomers in inducing plant promoters and developing disease resistance in plants. Adv. Chitin Sci, 5: 452-457.

Hopkins W. G. and N.P. Huner. 2004. Introduction to plant physiology (3rd Ed.). John Wiely & Sons. Inc. New York. 560 p .

Hussain M., M.A. Malik, M. Farooq, M.Y. Ashraf. and M.A. Cheema. 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of water: a review. Journal of Hazardous Materials, 97(1-3): 219–243.

Bermingham, A. and J.P. Derrick. 2002. The folic acid biosynthesis pathway in bacteria: evaluation of potential for antibacterial drug discovery. BioEssays, 24(7): 637–648. doi:10.1002/bies.10114

Bittelli, M., M. Flury, G.S. Campbell, and E.J. Nichols. 2001. Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. Agricultural and Forest Meteorology, 107(3): 167-175 .

Burme L., N. Moallemi, and M.H. Mortazavi. 2011. Anti transparant effect of Kaolinon some physiology traits of four olive cultivars. Journal of crop production and processing, 1(1): 11-23.

Chadordooz-Jeddi, A., K. Ghassemi-Golezani, S. Zehtab-Salmasi, and S. Oustan. 2013. Field performance of lentil (*Lens culinaris* Medik) affected by aging of different seed sizes and water stress Technic. Journal of Engineering and Applied Sciences, 3: 17-22 .

Khan, I., S.A. Awan, R. Ikram, M. Rizwan, N. Akhtar, H. Yasmin, R.Z. Sayyed, S. Ali, and N. Ilyas. 2021. Effects of 24-epibrassinolide on plant growth, antioxidants defense system, and endogenous hormones in two wheat varieties under drought stress. Physiologia Plantarum, 172(2): 696-706 .

Khan, M. T., S. Ahmed, R. Sardar, M. Shareef, A. Abbasi, M. Mohiuddin, S. Ercisli, S. Fiaz, R.A. Marc, K. Attia, N. Khan, and K.S. Golokhvast. 2022. Impression of foliar-applied folic acid on coriander (*Coriandrum sativum* L.) to regulate aerial growth, biochemical activity, and essential oil profiling under drought stress. Frontiers in Plant Science, 13, 1005710 .

Manivannan P., C.A. Jaleel, A. Kishorekumar, B. Sankar, R Somasundaram, R. Sridharan, and R. Panneerselvam. 2007. Changes in antioxidant metabolism of Vignaunguiculata L. Walp.bypropiconazole under water deficit stress. Colloids Surf B: Biointerf, 57: 69-74.

Martin, B. and N.A. Ruiz-Torres. 1992. Effects of Water-Deficit Stress on Photosynthesis, Its Components and glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. Journal of Agronomy and Crop Science, 194: 193–199.

Hussain S., S. Hussain, T. Qadir, A. Khaliq, U. Shraf, A. Parveen, M. Saqib, and M. Rafiq. 2019. Drought stress in plants: an overview on implications, tolerance mechanisms and agronomic mitigation strategies. Plant Science Today, 6: 389–402.

Ibrahim, M., H.A. Ibrahim, and H. Abd El-Gawad. 2021. Folic acid as a protective agent in snap bean plants under water deficit conditions. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 96: 94–109.

Ibrahim, M.F.M., H.G. Abd El-Gawad, and A.M. Bondok. 2015. Physiological impacts of potassium citrate and folic acid on growth, yield and some viral diseases of potato plants. Middle East J. Agric. Res, 4(3): 577-589.

Ji, X., B. Shiran, J. Wan, D.C. Lewis, C.L.D. Jenkins, A.G. Condon, R.A. Richards, and R. Dolferus. 2010. Importance of pre-anthesis another sink strength for maintenance of grain number during reproductive stage water stress in wheat. Plant Cell Environ, 33: 926-942.

exogenous folic acid on the yield and amino acid content of the seed of Pisum sativum L. and Hordeum vulgare L. Applied Biochemistry and Microbiology, 36 (1): 85–89

Sukwattanasinitt, M., A. Klaikherd, K. Skulnee, S. Aiba. 2001. Chitosan as a releasing device for 2,4-D herbicide. Chitin and Chitosan in Life Science, Yamaguchi Japan, pp 198-201

Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. Plant physiology. Forth Edition. Sinauer Association, Inc, Publishers Sunderland, Massachusetts. Paper 738.

Tanveer, M., B. Shahzad, A. Sharma, S. Biju, and R. Bhardwaj. 2018. 24-Epibrassinolide; an active brassinolide and its role in salt stress tolerance in plants: A review. Plant Physiology and Biochemistry, 130: 69-79 .

Thakuria, R.K., H. Singh, and S. Tejsingh. 2004. Effect of irrigation and antitranspirants on growth and yield of spring sunflower (*Helianthus Anneus* L.). Annal of Agricaltural Research, 25: 433- 438.

Vaast, P., J. Angrand, N. Franck, J. Dauzat, and M. Genard. 2006. Fruit load and branching ring- barking affect Carbon assimilation and photosynthesis Component Limitations, and on Water Use Efficiency in Wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Physiology, 100(2): 733-9.

Nolan, T.M, N. Vukasinovic, D. Liu, E. Russinova, and Y. Yin. 2020. Brassinosteroids: Multidimensional regulators of plant growth, development, and stress responses—A review. Plant Cell, 32: 295–318.

Petropoulos, S.A., D.A. Dafere, M.G. Policia, and H. Passam. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Science Horticulturae, 115: 393- 397.

Pompella, A., A. Visvikis, A. Paolicchi, V. De Tata, and A.F. Casini. 2003. The changing faces of glutathione, a cellular protagonist. Biochem. Pharmacol, 66: 1499–1503.

Sinha, B.K, G. Chand, R. Kumar, and V. Kumar. 2019. Different Degree of Drought Stress Affects Morpho-Reproductive Growth in Wheat (Triticum aestivum L).Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci, 8(6): 1047-1053.

Stakhova, L.N., L.f. Stakhov, and V.G. Ladygin. 2000. Effects of

of leaf and fruit of Coffea aravi Ca in the field. Tree Phys, 25: 753-760.

Wato, T. 2020. Growth and Yield Performance of Wheat (Triticum aestivum L.) to under Water Stress Conditions . Agricultural Science Digest, 41(2): 301-306

Xia, X.J., Y.J. Wang, Y.H. Zhou, Y. Tao, W.H. Mao, K. Shi, T. Asami, Z.X. Chen, and J.Q. Yu. 2009. Reactive oxygen species are involved in brassinosteroid-induced stress tolerance in cucumber. Plant Physiology, 150: 801–814

Yadav, R.S. and A. Kumar. 1998. Effect of some antitranspirants on water relation, NR activity and seed yield of Rabi. Maize under limites irridation. Indian Journal of agricultural research, 32(1): 57-60.

Yadav, R.S. and D.P. Singh. 1981. The effect of irrigation and antitranspirants on vapor transpiration, water use efficacy and moisture extraction patterns of barley. Irrigation science, 2: 177-184.

Effects of anti-stress substances application on yield, yield components and chlorophyll index in Barley (*Hordeum vulgare* L.) under water deficit stress conditions

H. Zahedi[1*], A. Alipour[1]

1. Assistant Professor, Department of Agriculture and Integrated Crops Research Center, Eslamshahr Branch, Islamic Azad University, Eslamshahr, Iran.

Abstract

In order to investigate the reduction of water deficit stress by using Priming and foliar application of anti-stress materials on the yield and yield components in Barley, an experiment as split plots in RCBD with 3 irrigation regimes and 6 Priming and foliar application in three replication in 2018-19 was implemented. Irrigation regimes include optimal irrigation, moderate and severe irrigation in the main plots and the application of anti-stress substances in the form of seeding and foliar spraying, including chitosan with a concentration of 500 mg/liter, epibrassinolide with a concentration of 1 micromolar, folic acid with a concentration of 50 micromolar and glutathione with The concentration of 150 mg/liter, distilled water and control were randomly placed in sub-plots. The results of the statistical analysis of the data and the comparison of the average traits showed that the effect of the application of anti-stress materials in different irrigation regimes was the same, so that in all the irrigation regimes, chitosan topped the rest of the seeding and foliar treatments in terms of improving the measured traits, and the maximum yield traits and yield components and also obtained the morphological and physiological traits in basil variety. Therefore, the use of anti-stress materials can be fruitful in optimal irrigation and increase most of the desirable traits in the climate of the basil variety.

Keywords: Chitosan, Chlorophyll, Epibrassinolide, Folic acid, Glutathione, Water deficit, Yield

[*] Corresponding author (hzahedi2006@gmail.com)