فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره نهم، شماره دو، پاییز ۱۳۹۸

تاثیر هیومیک اسید بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک گندم در شرایط کم‌آبیاری

فاطمه طرفی[۱]، علیرضا شکوه‌فر[۲*]

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲- استادیار گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
* مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیکی: alireza_shokuhfar@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۶ اردیبهشت ماه ۱۳۹۸؛ تاریخ پذیرش: ۳۱ شهریور ماه ۱۳۹۸)

چکیده

به منظور بررسی تاثیر هیومیک اسید بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک گندم در شرایط کم‌آبیاری تحقیقی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل آبیاری کامل، عدم آبیاری در ابتدای ساقه رفتن و عدم آبیاری در مرحله گرده‌افشانی و کرت‌های فرعی شامل سطوح مختلف کود اسید هیومیک (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. نتایج نشان داد که اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه در سطح یک درصد و تعداد سنبله در واحد سطح و شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. عملکرد دانه تحت اثر کم آبیاری و اسید هیومیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول تحت تاثیر آبیاری کامل و محلول‌پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید قرار گرفت و کمترین آنها در شرایط تنش کم آبیاری در دوره‌های مختلف و عدم محلول‌پاشی هیومیک اسید بدست آمد. بیشترین عملکرد دانه با آبیاری کامل (۵۰۳۵ کیلوگرم در هکتار) و محلول‌پاشی با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر (۴۴۶۲ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد در حالیکه کمترین عملکرد دانه در عدم آبیاری در مرحله گرده‌افشانی (۲۳۵۵ کیلوگرم در هکتار) و در عدم کاربرد هیومیک اسید (۲۶۶۷ کیلوگرم در هکتار) بود. در نتیجه، محلول‌پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید در دوره‌های مختلف تنش کم آبیاری باعث بهبود شاخص‌های فیزیولوژیکی و افزایش مولفه‌های تولیدی در مقایسه با شاهد (عدم محلول‌پاشی) شد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، قطع آبیاری، وزن هزار دانه

مقدمه

گندم اولین غله و مهم‌ترین گیاه زراعی دنیاست و یکی از عمده‌ترین محصولات کشاورزی تامین کننده نیاز غذایی انسان‌ها در کشورهای مختلف می‌باشد. این گیاه در محدوده‌ی وسیعی از شرایط اقلیمی و مناطق جغرافیایی تولید می‌شود و به دلیل تطابق زیاد با شرایط آب و هوایی مختلف، دامنه‌ی پراکندگی آن بیشتر از هر گیاه دیگری است (۲۹).

تنش خشکی یکی از عوامل محدود کننده و خطری جدی برای تولید موفقیت آمیز محصولات زراعی می‌باشد. تنش خشکی سبب کاهش اندازه برگ‌ها، وزن خشک اندام هوایی، شاخص سطح برگ، تعداد برگچه، متوسط سطح برگ و فشار تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌شود (۲۶). این عمل بر فرآیندهای فیزیولوژیک مثل فتوسنتز، انتقال و جذب مواد معدنی و تنفس اثر داشته و رشد گیاه را کاهش می‌دهد (۷). برخی محققان معتقدند که حساسترین مراحل رشد نسبت به کم آبی در گندم، شروع پنجه‌زنی (تشکیل سیستم ریشه‌ای اصلی) و گرده‌افشانی (تلقیح) است و مرتفع ساختن نیاز آبی گیاه در این مراحل برای نیل به پتانسیل عملکرد گندم نقشی سرنوشت ساز دارد (۲۳). میشرا و چاتورودی (۳۰) گزارش دادند که با اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی در برنج، صفات فیزیولوژیکی رشد، عملکرد و اجزای عملکرد دانه تحت تاثیر قرار گرفتند و به طور معنی‌داری کاهش یافتند. آبید و همکاران (۲۱) اعلام نمودند که تنش کمبود آب باعث کاهش قابل برگشت در روابط آب برگ و کاهش پایداری غشاء و فعالیت‌های فتوسنتز شد، همچنین تنش خشکی منجر به افزایش گونه‌های اکسیژن فعال، پراکسیداسیون لیپید و آسیب غشاء سلولی شد.

مولکول‌های اسید هیومیک با مولکول‌های آب پیوندی تشکیل می‌دهند که تا حدود زیادی مانع تبخیر آب می‌شود. همچنین مولکول‌های فولیک اسید (بخش ریز مولکول اسید هیومیک) به درون بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کند و با پیوند شدن به مولکول‌های آب تعریق گیاه را کاهش داده و به حفظ آب درون گیاه کمک می‌کند (۱۸). شریفی (۳۴) گزارش داد که با افزایش مصرف اسید هومیک در شرایط تنش خشکی، شاخص شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و تجمع ماده خشک ماده در ذرت افزایش یافت. انور و همکاران (۲۲) گزارش دادند که بیشترین وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی در مقدار مصرف ۱۵ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید حاصل شد. مانال و همکاران (۲۸) اظهار داشتند محلول‌پاشی چهار لیتر در هکتار هیومیک اسید باعث افزایش وزن هزار دانه و ارتفاع بوته گندم شد اما بیشترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و طول سنبله در تیمار محلول‌پاشی دو لیتر در هکتار هیومیک اسید مشاهده شد. سرور و همکاران (۳۳) اظهار کردند که حداکثر عملکرد دانه گندم با کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار هیومیک اسید بدست آمد که این میزان ۱۶ درصد بیشتر از شاهد بود. مدهاوی و همکاران (۲۷) با بررسی تاثیر کود هیومیک اسید بر روی عملکرد ذرت دانه‌ای گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه در کاربرد ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود هیومیک اسید حاصل شد.

این آزمایش با هدف بررسی تاثیر هیومیک اسید بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیک گندم در شرایط کم‌آبیاری طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در مزرعه زراعی روستای الهایی واقع در شمال شهرستان اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی با ارتفاع ۳۵ متر از سطح دریا اجرا شد. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه نمونه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات خاک مزرعه آزمایش

عمق خاک	بافت خاک	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (پی‌پی‌ام)	پتاسیم (پی‌پی‌ام)
۰-۳۰	لومی رسی	۱۸	۴۸	۳۴	۷/۸۲	۰/۵۵	۰/۰۴	۹/۶	۱۷۳

آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری کامل، عدم آبیاری (قطع یک بار آبیاری) در ابتدای ساقه رفتن (۳۰ زادوکس)، عدم آبیاری (قطع یک بار آبیاری) در مرحله گرده‌افشانی (۶۰ زادوکس) و کرت‌های فرعی شامل سطوح مختلف کود اسید هیومیک (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. کود هیومیک مورد استفاده از پودر هیومکس (حاوی ۸۰٪ اسید هیومیک و ۲۰٪ اسید فولویک) تهیه شده از شرکت نگین سبز، جهت اعمال تیمار اسید هیومیک استفاده گردید. اسید هیومیک در دو نوبت با استفاده از سم پاش دستی محلول‌پاشی شد. مرحله اول در زمان ابتدای ساقه رفتن و مرحله دوم در زمان گرده‌افشانی. کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار، کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود ازت از منبع اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. کل کود فسفر و پتاس و یک سوم ازت بصورت پایه در هنگام کاشت و مابقی کود نیتروژنه در زمان‌های رشد سریع گندم در دو مرحله اواخر پنجه‌زنی (همزمان با آغاز رشد سریع رویشی) و مرحله ظهور سنبله به صورت سرک استفاده شد. نمونه برداری‌ها در پنج مرحله و در بازه زمانی ۱۴ روزه در سطحی به مساحت ۰/۵ متر مربع از مرحله چهار برگی آغاز شد. تعیین مساحت سطح برگ به روش ترسیمی انجام و نمونه‌ها به تفکیک اجزا در یک آون تهویه‌دار در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت صفر درصد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردید (۱۲). سرعت رشد محصول از اختلاف وزن خشک نمونه در فاصله زمانی دو نمونه برداری با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید(۱۲).

$$CGR= \frac{W2-W1}{GA(T2-T1)}$$ معادله (۱)

در معادله (۱) W2-W1 وزن خشک نمونه‌ها در دو نمونه برداری متوالی و T2-T1 فاصله زمانی این دو نمونه‌برداری می‌باشد و سطح زمین = GA. سرعت رشد گیاه بر حسب گرم بر متر مربع در روز بیان می‌شود.

به منظور تعیین عملکرد دانه، پس از حذف حاشیه‌ها، از مساحتی معادل دو متر مربع برداشت صورت گرفت و پس از خرمنکوبی سنبله‌ها، محصول دانه بدست آمده تعیین شد. برای تعیین تعداد سنبله، به طور تصادفی تعداد سنبله‌های موجود در واحد سطح برداشت و در هر کرت جداگانه شمارش و تعداد سنبله در متر مربع تعیین گردید (۱۶). برای تعیین تعداد دانه در سنبله، به طور تصادفی ۱۰ سنبله از کل سنبله‌های برداشت شده جدا و دانه‌های آنها شمارش گردید و میانگین آنها به عنوان تعداد دانه در سنبله در نظر گرفته شد (۱۶).

برای تعیین وزن هزار دانه، ۵۰۰ دانه تصادفی از عملکرد دانه هر کرت شمارش و به دقت توزین گردید و درصورتی که اختلاف آنها کمتر از شش درصد باشد مجموع وزن آنها به عنوان وزن هزار دانه در نظر گرفته شد (۱۶).

شاخص برداشت برای هر کرت آزمایشی از طریق تقسیم عملکرد دانه آن کرت به عملکرد بیولوژیکی آن و ضرب در عدد صد توسط معادله زیر تعیین گردید (۴).

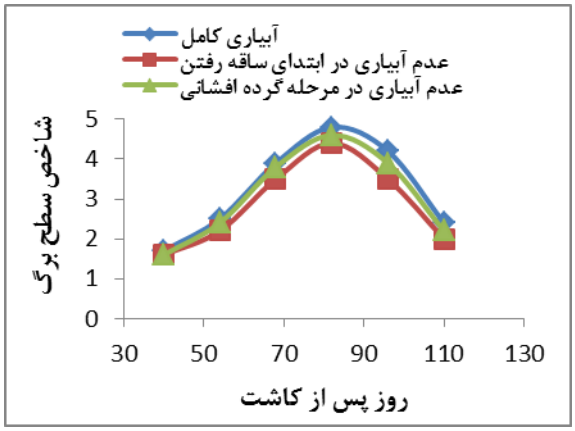
معادله (۲) $HI = (EY / BY) \times 100$

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. برای رسم شکل‌ها از نرم افزار Excel 2010 استفاده شد.

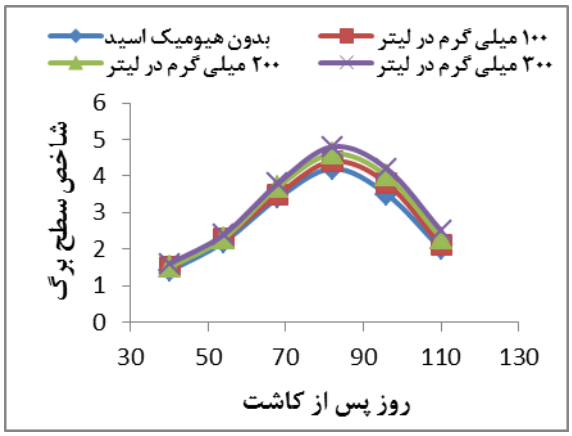
نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

نتایج نشان داد بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به آبیاری کامل در زمان گلدهی با ۴/۸ و کمترین شاخص سطح برگ مربوط به قطع آبیاری در ابتدای ساقه رفتن به میزان ۴/۴ بود (شکل ۱). شاخص سطح برگ تا مرحله گلدهی دارای روند افزایشی بود و بعد از آن با گذشت زمان شیب نزولی به خود گرفت و مقدار آن کاسته شد (شکل ۱). شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش خشکی در دوره رشد رویشی و زایشی کاهش یافت (۶). امیری ده احمدی و همکاران (۳) اظهار داشتند که تنش خشکی شاخص سطح برگ نخود را کاهش داد. تقسیم سلولی در اثر افزایش میزان اسید آبسیزیک، تأمین نشدن آسیمیلات مورد نیاز برای رشد برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز از مهم‌ترین علل احتمالی کاهش شاخص سطح برگ بر اثر تنش کمبود آب ذکر شده‌اند (۳۵). بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر در زمان گلدهی با ۴/۸ و کمترین آن مربوط به عدم کاربرد هیومیک اسید با ۴/۲ بود (شکل ۲). استفاده از اسید هیومیک باعث رشد اندام‌های هوایی می‌گردد، که دلیل آن افزایش جذب عناصری نظیر ازت، کلسیم، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس می‌باشد (۲۵).



شکل ۱- اثر آبیاری بر روند تغییرات شاخص سطح برگ گندم

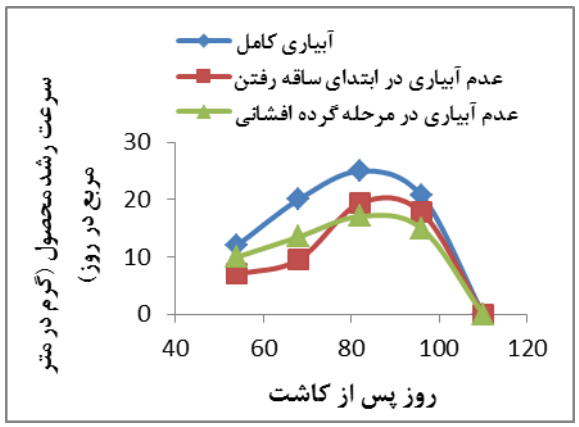


شکل ۲- اثر هیومیک اسید بر روند تغییرات شاخص سطح برگ گندم

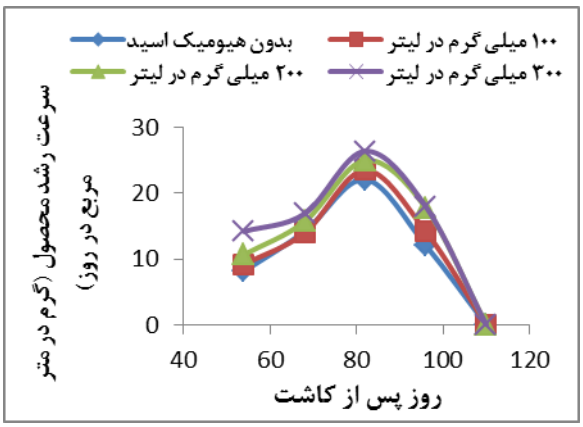
سرعت رشد محصول

نتایج نشان داد که بیشترین سرعت رشد محصول مربوط به آبیاری کامل در زمان گلدهی با ۲۵ گرم در متر مربع در روز و کمترین سرعت رشد محصول مربوط به عدم آبیاری در مرحله گرده‌افشانی با ۱۷/۱ گرم در متر مربع در روز بود (شکل ۳). منحنی تغییرات سرعت رشد محصول در تیمارهای مختلف ابتدا روندی افزایشی و سپس روندی کاهشی را نشان می‌دهد که در ابتدای دوره رشد این روند افزایشی به دلیل کاهش سطح فتوسنتزی (معمولاً برگ‌ها) و تولید کمتر

مواد فتوسنتزی و تجمع ماده خشک، کند می‌باشد و سپس با بسته شدن کانوپی گیاه و همزمان با رسیدن گیاه به حداکثر شاخص سطح برگ در زمان گلدهی، سرعت رشد محصول نیز به حداکثر می‌رسد (شکل ۳). براساس نتایج جهان‌بین و همکاران (۹) تنش خشکی در مزرعه گندم سبب کاهش شاخص سطح برگ، ماده خشک کل و سرعت رشد محصول گردید، به طوریکه بیشترین شاخص سطح برگ، ماده خشک کل و سرعت رشد محصول در آبیاری کامل و کمترین آنها در تیمار تنش خشکی در مرحله رشد رویشی (قطع آبیاری از ابتدای ظهور ساقه تا مرحله ظهور سنبله) به دست آمد. سرعت رشد محصول در مراحل پایانی رشد (مراحل بعد از گلدهی) به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها سیر نزولی پیدا می‌کند و کاهش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی به علت کاهش سطح برگ، پیری زودرس برگ‌ها و در نتیجه کاهش سطح فتوسنتز کننده گیاه سرعت رشد محصول کاهش می‌یابد (۹). بیشترین سرعت رشد محصول مربوط به کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک با ۲۶/۴ گرم در متر مربع در روز و کمترین سرعت رشد محصول مربوط به عدم محلول‌پاشی هیومیک اسید با ۲۲/۱ گرم در متر مربع در روز در مرحله گلدهی بود (شکل ۴). سرعت رشد محصول با گذشت زمان تا مرحله گلدهی افزایش یافت و پس از رسیدن سرعت رشد محصول به حد نهایی خود، مقدار آن کاهش یافت. اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری، باعث افزایش جذب عناصر شده و باروری و تولید را در گیاهان افزایش می‌دهد (۲۴)، که این امر می‌تواند در افزایش سرعت رشد محصول مؤثر باشد.



شکل ۳- اثر آبیاری بر روند تغییرات سرعت رشد محصول گندم



شکل ۴- اثر هیومیک اسید بر روند تغییرات سرعت رشد محصول گندم

تعداد سنبله در واحد سطح

اثر متقابل کم آبیاری و هیومیک اسید در سطح احتمال پنج درصد بر تعداد سنبله در واحد سطح معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد سنبله در شرایط آبیاری کامل و محلول پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید با تعداد ۳۹۳ سنبله در متر مربع و کمترین تعداد سنبله در شرایط عدم آبیاری در ابتدای ساقه رفتن و بدون محلول‌پاشی اسید هیومیک با ۲۵۱ سنبله در متر مربع مشاهده شد (جدول ۳). مقادیر مختلف هیومیک اسید توانست اثرات سو حاصل از تنش کم آبیاری را تا حدودی جبران کند به طوری که با افزایش هیومیک اسید تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح در سطوح مختلف کم آبیاری مشاهده شد (جدول ۳). مولکول‌های اسید هیومیک با مولکول‌های آب پیوندی تشکیل می‌دهند که تا حدود زیادی مانع تبخیر آب می‌شود (۱۸)، در نتیجه هیومیک اسید با افزایش پنجه‌زنی در شرایط تنش آبی، بر تعداد سنبله در واحد سطح افزود (جدول ۳). می‌توان بیان کرد که تعداد سنبله در گیاه قبل از مرحله گلدهی تعیین می‌شود. در واقع تنش خشکی در مرحله

ساقه‌دهی موجب شد تا برخی پنجه‌ها آسیب ببینند و سنبله کمتری تولید نمایند. استفاده از اسید هیومیک با افزایش جذب عناصری نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز، آهن، روی و مس باعث افزایش رشد اندام هوایی و تولید می‌شود، همچنین اسید هیومیک با اثرات شبه هورمونی خود، اثرات مفیدی در افزایش تولید گیاه دارد (۱۴). زیرا بدیهی است زمانی که عناصر غذایی به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، به دنبال آن فتوسنتز به خوبی انجام شده و تجمع مواد پرورده در مقاصد گیاه، به میزان کافی صورت خواهد گرفت (۱۷).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی گندم در سطوح مختلف کم آبیاری و هیومیک اسید

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		تعداد سنبله در واحد سطح	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	شاخص برداشت
تکرار	۲	۱۵۸/۲ $^{n.s}$	۰/۷۹۵ $^{n.s}$	۰/۰۷۲ $^{n.s}$	۸۶ $^{n.s}$	۱/۳۷ $^{n.s}$
کم آبیاری	۲	۲۰۲۳۶/۲**	۳۲۹/۰۸۶**	۳۲۸/۴۴۷ **	۲۲۲۴۶۲ **	۸۰۸/۲۴ **
خطای اصلی	۴	۴۱/۹	۰/۸۴۸	۰/۲۱۶	۴۲۵	۳/۶۸
هیومیک اسید	۳	۶۶۰۷/۹ **	۵۸/۰۹۴ **	۵۵/۲۵۱ **	۵۸۴۲۱ **	۱۵۲/۰۲ **
کم آبیاری × هیومیک اسید	۶	۷۷/۳ *	۱/۱۸۵ **	۱/۳۷۵ **	۲۳۳ $^{n.s}$	۴/۸۵ *
خطای فرعی	۱۸	۲۰/۴	۰/۱۹۶	۰/۳۴۳	۱۳۸	۱/۳۲
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۲/۷	۱۵/۳	۱۵	۳۷/۶	۲۲

^{ns} و * و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد آماری می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل صفات مورد بررسی گندم در سطوح مختلف آبیاری و هیومیک اسید

تیمارها		میانگین صفات			
آبیاری	هیومیک اسید	تعداد سنبله در واحد سطح	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	شاخص برداشت (٪)
آبیاری کامل	بدون هیومیک اسید	۳۴۲/۶۷ ^{bcde}	۳۴/۲۸ ^{bc}	۳۵/۰۰ ^{bc}	۳۹/۱۸ ^{b}
	۱۰۰ میلی گرم در لیتر	۳۵۹/۶ ^{b}	۳۵/۴۳ ^{b}	۳۵/۸۴ ^{b}	۴۱/۱۹ ^{abc}
	۲۰۰ میلی گرم در لیتر	۳۸۴/۱۶ ^{bcd}	۳۷/۶۷ ^{ab}	۳۷/۵۷ ^{ab}	۴۲/۸۵ ^{ab}
	۳۰۰ میلی گرم در لیتر	۳۹۳/۱۷ ^{a}	۳۸/۹۸ ^{a}	۳۹/۵۲ ^{a}	۴۵/۸۱ ^{a}
عدم آبیاری در ابتدای ساقه رفتن	بدون هیومیک اسید	۲۵۱/۰۹ ^{ef}	۳۰/۳۴ ^{cd}	۳۱/۰۷ ^{cd}	۳۲/۲۵ ^{c}
	۱۰۰ میلی گرم در لیتر	۲۷۲/۵۱ ^{e}	۳۱/۹۶ ^{c}	۳۲/۸۷ ^{c}	۳۶/۳۱ ^{bc}
	۲۰۰ میلی گرم در لیتر	۳۰۴/۷۶ ^{d}	۳۴/۴۴ ^{bc}	۳۵/۳۳ ^{bc}	۴۰/۴۳ ^{abcd}
	۳۰۰ میلی گرم در لیتر	۳۲۲/۹ ^{c}	۳۵/۴۵ ^{b}	۳۶/۴۵ ^{b}	۴۲/۸۳ ^{ab}
عدم آبیاری در مرحله گرده‌افشانی	بدون هیومیک اسید	۲۹۳/۳۷ ^{de}	۲۳/۱۵ ^{ef}	۲۲/۹۷ ^{ef}	۲۰/۵۱ ^{de}
	۱۰۰ میلی گرم در لیتر	۳۱۸/۳۶ ^{cd}	۲۴/۱۸ ^{e}	۲۵/۶۹ ^{e}	۲۴/۳۴ ^{d}
	۲۰۰ میلی گرم در لیتر	۳۴۲/۲ ^{bcde}	۲۷/۷۲ ^{d}	۲۸/۷۳ ^{de}	۲۹/۱۶ ^{cd}
	۳۰۰ میلی گرم در لیتر	۳۵۲/۱۵ ^{bc}	۳۰/۰۸ ^{cd}	۲۹/۷۶ ^{d}	۳۱/۵۴ ^{c}

میانگین تیمارهایی که در هر ستون دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با همدیگر ندارند.

تعداد دانه در سنبله

نتایج نشان داد که اثر متقابل کم آبیاری و هیومیک اسید در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین تعداد دانه در سنبله در شرایط آبیاری کامل و محلول پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید با تعداد ۳۸/۹۸ دانه در سنبله و کمترین آن در شرایط عدم آبیاری در مرحله گرده‌افشانی و عدم محلول‌پاشی اسید هیومیک با ۲۳/۱۵ دانه در سنبله بود (جدول ۳). مقادیر مختلف هیومیک اسید توانست اثرات سو حاصل از تنش کم آبیاری را جبران کند به طوری که با افزایش آن تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تعداد دانه در سنبله در سطوح مختلف کم آبیاری مشاهده شد (جدول ۳). می‌توان بیان داشت که تعداد دانه در سنبله نیز از جمله صفاتی است که پتانسیل آن بعد از مرحله گلدهی تعیین شده است، بنابراین تیمار تنش کم آبیاری در مرحله گرده‌افشانی تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله داشت. تعداد کمتر دانه در سنبله در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت عقیم شدن گل‌های انتهایی سنبله باشد (۳۱).

به نظر می‌رسد دلیل افزایش تعداد دانه در سنبله با مصرف مقدار بالای اسید هیومیک به دلیل جلوگیری از ریزش یا عقیم شدن گلچه‌ها در سنبله در شرایط تنش آبی باشد. کاربرد اسید هیومیک در گیاه موجب افزای هورمون‌های اکسین، سیتوکینین و جیبرلین در گیاه می‌شود (۱۹)؛ بنابراین با افزایش این هورمون‌ها در شرایط تنش، تسهیم مواد پرورده به رشد رویشی کمتر شده و سهم دانه‌ها از این مواد افزایش می‌یابد و تعداد دانه بیشتر خواهد شد (۱۵).

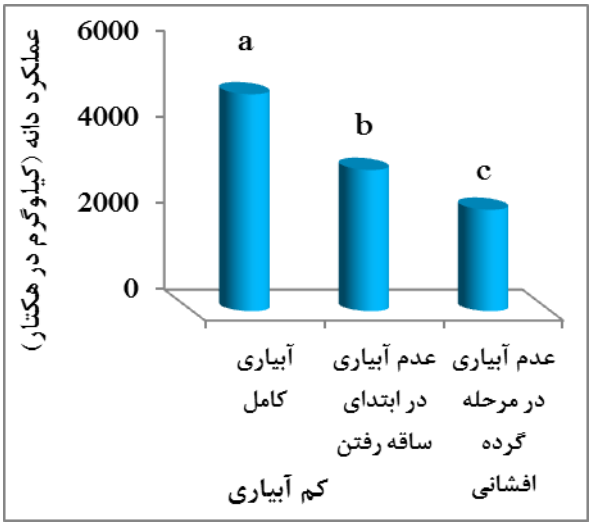
وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که اثر کم آبیاری و هیومیک اسید و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد بر وزن هزار دانه گندم معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن هزار دانه در شرایط آبیاری کامل و محلول پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید با وزن ۳۹/۵۲ گرم و کمترین وزن هزار دانه در شرایط عدم آبیاری در مرحله گرده‌افشانی و بدون محلول‌پاشی اسید هیومیک با ۲۲/۹۷ گرم بود (جدول ۳). مقادیر مختلف هیومیک اسید توانست اثرات سو حاصل از تنش کم آبیاری را در مراحل مختلف رشد تا حدودی جبران کند به طوری که با افزایش آن تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین وزن هزار دانه در سطوح مختلف کم آبیاری مشاهده شد (جدول ۳). به طور کلی کمبود آب در مراحل رویشی و زایشی به علت افزایش رقابت برای آب و مواد غذایی باعث کاهش وزن هزار دانه شد. علت این موضوع می‌تواند کاهش طول دوره رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی باشد که موجب کوتاه شدن طول دوره مؤثر پر شدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها شده و باعث تقلیل وزن هزار دانه گردیده است. عدم آبیاری در مرحله گرده‌افشانی بر وزن هزار دانه تاثیر منفی بیشتری در مقایسه با مرحله ساقه رفتن داشته است که نشان دهنده پر شدن دانه‌ها در بعد از مرحله گرده‌افشانی است (جدول ۳). امام و همکاران (۱) بیان داشتند که تنش خشکی در مرحله گل‌دهی موجب کاهش وزن هزار دانه شده است و بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه ناشی از وزن هزار دانه بود. با بررسی اثر اسید هیومیک بر روی گندم مشخص شده است کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد آن ۶/۵ درصد وزن هزار دانه را افزایش می‌دهد. طبق این گزارش اسید هیومیک با تاثیر بر انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به دانه‌ها وزن هزاردانه را در گیاه زراعی افزایش داده است (۱۰). افشانه برگی با اسید هیومیک، وزن هزار دانه را تا ۱۲ درصد در گندم افزایش داد (۱۳).

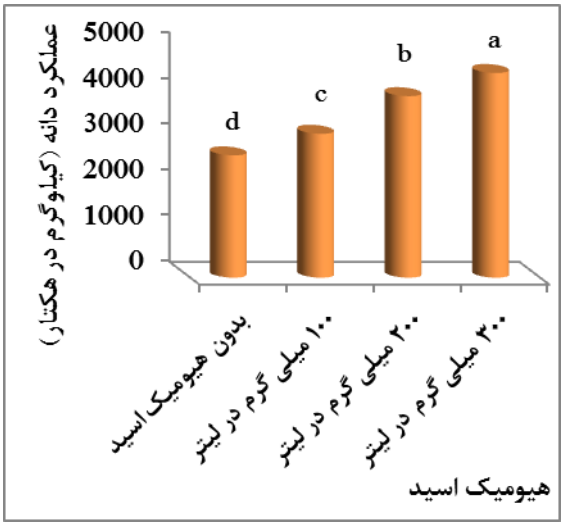
عملکرد دانه

نتایج نشان داد که اثر کم آبیاری و هیومیک اسید بر عملکرد دانه از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه با آبیاری کامل (۵۰۳۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در عدم آبیاری در مرحله گرده‌افشانی (۲۳۵۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (شکل ۵). بیشترین عملکرد دانه در

محلول‌پاشی با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر با عملکرد (۴۴۶۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در عدم کاربرد هیومیک اسید (۲۶۶۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (شکل ۶). می‌توان بیان کرد که افزایش عملکرد دانه در آبیاری کامل و محلول پاشی با ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به علت تاثیر این تیمارها بر شاخص‌های فیزیولوژیکی و اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در واحد سطح و وزن هزار دانه بوده است که با افزایش هر کدام، بر عملکرد دانه نیز افزوده شد. کاهش عملکرد تحت شرایط تنش کمبود آب که متأثر از کاهش اجزای عملکرد می‌باشد (۲). محققین علت آن را با توجه به زمان اعمال آن از بین اجزای اصلی عملکرد، عمدتاً بر وزن دانه‌ها تاثیر گذاشت و تا حدی نیز باعث کاهش تعداد دانه در سنبله شد دانسته‌اند. دیگر محققین گزارش دادند کمترین عملکرد دانه در تنش کم آبیاری در مرحله گلدهی گندم حاصل شد (۵). جلینی (۸) گزارش داد که بیشترین عملکرد دانه در آبیاری کامل بود و بعد از آن بیشترین عملکرد بترتیب در تیمار قطع آبیاری در مرحله ساقه رفتن و گرده‌افشانی مشاهده شد. برخی محققین گزارش نمودند بیشترین میزان کاهش عملکرد دانه در تنش خشکی در مرحله زایشی بوده که می‌تواند به دلیل سقط گل‌ها در اثر تنش خشکی باشد و نشان‌دهنده حساسیت زیاد این مرحله به تنش خشکی است (۲۰). افشانه برگی با اسید هیومیک، عملکرد دانه را تا ۱۵ درصد در گندم افزایش داد (۱۳). اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی، افزایش غلظت کلروفیل برگ و فتوسنتز و به تبع آن باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (۳۲).



شکل ۵- اثر آبیاری بر عملکرد دانه گندم



شکل ۶- اثر هیومیک اسید بر عملکرد دانه گندم

شاخص برداشت

نتایج نشان داد که اثر کم آبیاری و هیومیک اسید بر شاخص برداشت از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت در شرایط آبیاری کامل و محلول پاشی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید با ۴۵/۸۱ درصد و کمترین شاخص برداشت در شرایط عدم آبیاری در مرحله گرده‌افشانی و بدون محلول پاشی اسید هیومیک با ۲۰/۵۱ درصد بود (جدول ۳). مقادیر مختلف هیومیک اسید توانست اثرات سو حاصل از تنش کم آبیاری را در مراحل مختلف رشد تا حدودی جبران کند به طوری که با افزایش آن تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین شاخص برداشت در سطوح مختلف کم آبیاری مشاهده شد (جدول ۳). محلول‌پاشی اسید هیومیک سبب افزایش شاخص برداشت گردید، بدان معنی که اسید هیومیک با

افزایش عملکرد دانه در تمامی سطوح خود باعث افزایش شاخص برداشت شد. با کاربرد اسید هیومیک، عملکرد دانه به نسبت عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد افزایش بیشتری داشته در نتیجه از شاخص برداشت بیشتری برخوردار بود (جدول ۳). کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش خشکی در مرحله رویشی و زایشی می‌تواند به دلیل کاهش سطح فتوسنتزکننده، کاهش انتقال مجدد مواد فتوسنتز شده در مرحله پر شدن دانه‌ها نیز باشد (۱۱). ناردی و همکاران (۳۲) گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق اثرات هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی، سبب افزایش رشد در گیاهان می‌شوند. در آزمایشی مشابه محلول‌پاشی اسید هیومیک، شاخص برداشت گندم را تا هفت درصد افزایش داد (۱۳).

نتیجه گیری نهایی

گیاه گندم نسبت به قطع آبیاری در دوره‌های مختلف کاشت حساس بود و آبیاری کامل باعث افزایش رشد گیاه از نظر فیزیولوژیکی و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد شد. خسارت ناشی از قطع آب در مرحله گرده‌افشانی در مقایسه با مرحله ساقه رفتن بیشتر بود؛ به این دلیل که با کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه، عملکرد دانه کمتر شد. بیشترین عملکرد دانه مربوط به محلول‌پاشی کود هیومیک اسید در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود که با تاثیر بر بهبود سطح برگ و افزایش اجزای عملکرد از جمله تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه توانست بیشترین عملکرد را حاصل نماید. به طور کلی افزایش اسید هیومیک تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر توانست اجزای عملکرد گندم و شاخص برداشت را در شرایط تنش کم آبیاری در مراحل مختلف رشد بهبود بخشد. لذا کاربرد کودهای آلی از جمله هیومیک اسید ضمن آنکه خطرات ناشی از آلودگی زیست محیطی را ندارد، می‌توان با کاربرد آن تا ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به هنگام کم آبیاری در زمان ساقه رفتن علاوه بر کاهش اثرات سوء تنش آبی، از اتلاف آب آبیاری نیز جلوگیری نمود.

منابع

۱- **امام، ی.، رنجبر، ا. و بحرانی، م. ج. ۱۳۸۶.** ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط خشکی بعد از گل‌دهی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۱): ۳۲۷-۳۱۷.

۲- **امینی‌فر، ج.، بیگلویی، م، ح.، محسن آبادی، غ. و سمیع زاده، ح. ۱۳۹۱.** اثرات کم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی رقم‌های سویا در منطقه رشت. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۵(۲): ۱۰۹-۹۳.

۳- **امیری ده احمدی، س، ر.، پارسا، م.، نظامی، ا. و گنجعلی، ع. ۱۳۸۹.** تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی بر شاخص‌های رشد نخود در شرایط گلخانه. مجله پژوهش‌های حبوبات ایران، ۱(۲): ۶۹-۸۴.

۴- **بخشنده، ع، م.، فرد، س.، نادری، ا. ۱۳۸۲.** ارزیابی عملکرد دانه، اجزاء آن و برخی صفات زراعی ژنوتیپ‌های گندم بهاره در شرایط کم آبیاری در اهواز. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۶۱ ، ص ۶۵ -۵۷.

۵- **پرزیوند، ع.، قوشچی، ف.، ممیزی، م، ر. و توحیدی مقدم، ح، ر. ۱۳۹۰.** اثر محلول‌پاشی عنصر روی و کود نیتروژن بر عملکرد و برخی شاخص‌های کیفی دانه گندم در شرایط تنش خشکی. پژوهش‌های به‌زراعی (تنش‌های محیطی در علوم گیاهی)، ۳(۱): ۶۹-۵۵.

۶- **پزشکپور، ا.، نوری، م.، خورگامی، ع.، نظری، س. و دانشور، م. ۱۳۸۴.** تأثیر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه، شاخص کلروفیل برگ و میزان نفوذ نور در کف سایه‌انداز گیاهی ارقام نخود کابلی. مقالات اولین همایش ملی حبوبات، پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد. ایران.

۷- **پورموسوی، س، م.، گلوی، م. و دانشیان، ج. ۱۳۸۵.** ارزیابی کود دامی بر میزان پایداری غشاء و محتوای کلروفیل برگ سویا در شرایط تنش خشکی. خلاصه مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران.

۸- **جلینی، م. ۱۳۹۲.** تاثیر مقادیر و زمان قطع آبیاری بر عملکرد و کارایی مصرف آب ارقام گندم در روش آبیاری بارانی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۱۴(۱): ۱۲-۱.

۹- **جهان‌بین، ش.، وفاپور، م.، یدوی، ع، ر. و بهزادی، ی. ۱۳۹۴.** بررسی رشد و برخی خصوصیات گندم رقم الوند در شرایط کم آبیاری و محلول پاشی پتاسیم دی هیدروژن فسفات. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۵(۳): ۱۱۸-۱۰۴.

۱۰- **چمانی، ف.، خدابنده، ن.، حبیبی، د.، اصغر زاده، ا. و داودی فرد، م. ۱۳۹۱.** بررسی تاثیر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد در گندم تلقیح شده با باکتری‌های محرک رشد (ازتو باکتر کروکوم، آزوسپیریلیوم لیپوفروم، سودوموناس پوتیدا) و اسید هیومیک. زراعت و اصلاح نباتات، ۸(۱): ۳۷-۲۵.

۱۱- **خوشوقتی، ح. ۱۳۸۵.** اثرات محدودیت آب بر روند رشد و عملکرد سه رقم لوبیا چیتی. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه تبریز. ۱۱۴ ص.

۱۲- **سرمدنیا، غ. و کوچکی. ع. ۱۳۹۲.** فیزیولوژیکی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ ص.

۱۳- **شهبازی، ش. ۱۳۹۲.** بررسی تاثیر کودهای آلی اسید هیومیک و ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید چمران اهواز، رشته کشاورزی اکولوژیک.

۱۴- **صالحی، ب.، باقرزاده چهاجویی، ع. و پاکدلیان، ع. ۱۳۸۹.** بررسی سودمندی مصرف ماده آلی هیومیک اسید بر خصوصیات کمی سه رقم گوجه فرنگی. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی.

۱۵- **صداقت، م، ا. و امام، ی. ۱۳۹۵.** تأثیر سه تنظیم کننده رشد بر عملکرد دانه ارقام گندم در رژیم‌های متفاوت رطوبتی. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی، ۶ (۲۱): ۳۳-۱۵.

۱۶- **کریمی، م. و مرعشی، س، ک. ۱۳۹۵.** تأثیر مصرف توأم کودهای شیمیایی و زیستی فسفاته و نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم. پژوهشنامه کشاورزی، ۸(۵): ۵۱-۴۱.

۱۷- **محسن نیا، ا. و جلیلیان، ج. ۱۳۹۱.** اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ. بوم شناسی کشاورزی، ۴(۳): ۲۴۵-۲۳۵.

۱۸- **میرحاجیان، ع. ۱۳۹۱.** اسید هیومیک چیست؟. ماهنامه تحلیلی خبری، آموزشی مهندسی کشاورزی، ۳۳: ۱۶-۷.

19- **Abdel Mawgoud, A. M. R., El Greadly, N. H. M., Helmy, Y. I. and Singer, S. M. 2007.** Responses of tomato plants to different rates of humic based fertilizer and NPK fertilization. Journal of Applied Sciences Research, 3(2): 169- 174.

20- **Abedi Baba-Arabi, S., Movahhedi Dehnavi, M., Yadavi, A. R. and Adhami, E. 2011.** Effects of Zn and K foliar application on physiological traits and yield of spring safflower under drought stress. Electronic Journal of Crop Production, 4(1): 75-95.

21- **Abid, M., Ali, S., Kang qi, L., Zahoor, R., Tian, Z., Jiang, D., Snider, J. and Dai, T. 2018.** Physiological and biochemical changes during drought and recovery periods at tillering and jointing stages in wheat (*Triticum aestivum* L.). Scientific Reports, 8: 1-15.

22- **Anwar, S., Iqbal, F., Khattak, W. A., Islam, M., Iqbal, B. and Khan, S. 2016.** Response of wheat crop to humic acid and nitrogen levels. Agriculture research articles, 3(1): 558-565.

23- **Asadi, H. M., Nishaboori, M. and Siadat, H. 2003.** Evaluating the wheat response factor to water in different growth stages in Karaj. Iranian Journal of Agricultural Science, 34(3): 579-586.

24- **El-Nemr, M. A., El-Desuki, M., El-Bassiony, A. M. and Fawzy, Z. F. 2012.** Response of growth and yield of cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) to different foliar applications of humic acid and bio-stimulators. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 6(3): 630-637.

25- **Erkossa, T., Stah, K. and Tabo, G. 2002.** Integration of organic and inorganic fertilizers: Effect on vegetable productivity. Ethiopian Agricultural research Organization, Debre Zeit. Ethiopian Institute of Agricultural Research, 82: 247-256.

26- **Hu, Y. Y., Zhang, Y. L., Yi, X. P., Zhan, D. X., Luo, H. H., Soon, C. W. and Zhang, W. F. 2014.** The relative contribution of non-foliar organs of cotton to yield and related physiological characteristics under water deficit. Journal of Integrative Agriculture, 13: 975-989.

27- **Madhavi, P., Sailaja, V., Ram Prakash, T. and Hussain, A. 2017.** Effect of fertilizers, biochar and humic acid on seed, stover yield, harvest index and economics of maize (*Zea mays* L.) grown on alfisols. International Journal of Pure and Applied Bioscience, 5 (4): 766-770.

28- **Manal, F. M., Thalooth, A. T., Amal A. G., Magda, H. M. and Elewa, T. A. 2016.** Evaluation of the effect of chemical fertilizer and humic acid on yield and yield components of wheat plants (*Triticum aestivum*) grown under newly reclaimed sandy soil. International Journal of ChemTech Research, 9(8): 154-161.

29- **Metwali, M. R., Ehab-Manal, H., Tarek, E., Bayoumi, Y. 2010.** Agronomical traits and biochemical genetic markers associated with salt tolerance in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(5): 174-183.

30- **Mishra, B. K. and Chaturvedi, G. S. 2018.** Flowering stage drought stress resistance in upland rice in relation to physiological biochemical traits and yield. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7(2): 71-82.

31- **Moustafa, M. A., Boersma, L. B. and Kyonstad, W. E. 1996.** Response of four spring wheat cultivars to drought stress. Crop Science, 36: 982-986.

32- **Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. and Vianello, A. 2002.** Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biological and Biochemistry, 34: 1527–1536.

33- **Sarwar, M., Ahmed, S., Arsalan, M. and Khan, M. 2017.** Humic acid affects zinc availability and wheat yield in zinc deficient calcareous soil. Journal of Applied Agriculture and Biotechnology, 2(1): 19−25.

34- **Sharifi, P. 2017.** Studying maize growth indices in different water stress conditions and the use of humic acid. Biomedical and Pharmacology Journal, 10(1): 303-310.

35- **Tesfye, K., Walke, S. and Tsubo, M. 2006.** Radiation interception and radiation use efficiency of three gran legumes under water deficit conditions in semi-arid conditions. European Journal of Agronomy, 25:60-70.

Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 9, No. 2, Autumn 2019

Effect of humic acid on yield, yield components and physiological parameters of wheat in deficit irrigation conditions

Fatemeh Tourfi[1], Alireza Shokuhfar[2*]

1- M.Sc. graduated student of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
* Corresponding Author; Email: alireza_shokuhfar@yahoo.com

(Received: 6 May 2019; Accepted: 22 September 2019)

Abstract

In order to effect of humic acid on yield, yield components and physiological parameters of wheat in deficit irrigation conditions this research was done as split plot in randomized complete blocks design with three replications. main plots consisted: full irrigation, no irrigation at the beginning of stem elongation, and no irrigation at the pollination stage and sub plots included different levels of humic acid fertilizer (0, 100, 200 and 300 mg/L). Results showed that interaction of irrigation and humic acid on number of seeds per spike and 1000 grain weight at 1% probability level and number of spikes per unit area and harvest index was significant at 5% probability level. Grain yield under the effect low irrigation and humic acid was significant at 1% probability level. The highest leaf area index and crop growth rate were affected in full irrigation and 300 $mg.L^{-1}$ humic acid and least of them were obtained in low irrigation stress conditions in different periods and no foliar application of humic acid. The highest grain yield was obtained in full irrigation (5035 $kg.ha^{-1}$) and foliar application with 300 $mg.L^{-1}$ humic acid (4462 $kg.ha^{-1}$). The lowest grain yield was obtained in no irrigation at the pollination stage (2355 $kg.ha^{-1}$) and no-humic acid (2667 $kg.ha^{-1}$). As a result, foliar application 300 $mg.L^{-1}$ of humic acid in different periods of low irrigation stress improved the physiological indices and increased yield components compared to control (no foliar application).

Keywords: Crop growth rate, leaf area index, irrigation cut, 1000-grain weight