

اثر دور آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم کویر

سارا پروازی شندی^۱، علیرضا پازکی*^۲، احمد اصغرزاده^۳ و امین آزادی^۴

چکیده

به منظور بررسی اثر دور آبیاری، اسید هیومیک و باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم رقم کویر، آزمایشی در سال زراعی ۹۰ - ۱۳۸۹ به صورت اسپلنت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در فشافویه (حسن آباد) اجرا شد. فاکتور اصلی (آبیاری) در سه سطح (آبیاری بر اساس ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) و اسید هیومیک و مخلوط باکتری‌های محرک (ازتوباکتر، سودوموناس و آزوسپیریلوم) هر یک در دو سطح عدم کاربرد و کاربرد به صورت فاکتوریل در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل نشان داد که تنش خشکی عملکرد دانه را به طور معنی‌داری کاهش داد که این کاهش با توجه به نتایج آزمایش، احتمالاً از طریق کاهش تعداد دانه در سنبله می‌باشد. همچنین تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد. کاربرد باکتری‌های محرک رشد به طور معنی‌داری عملکرد دانه و درصد شاخص برداشت را تحت تأثیر قرار داد. از سوی دیگر در شرایط تنش شدید (آبیاری بر اساس ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و تعداد سنبله در واحد سطح شد. با توجه به نتایج این آزمایش، باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک به‌عنوان دو نوع کود زیستی می‌توانند تا حدی برای کاهش اثرات منفی ناشی از تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: گندم، تنش خشکی، اسید هیومیک، باکتری‌های محرک رشد، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک.

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۲/۴/۱۵

۱، ۲ و ۴ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد یادگار امام خمینی (ره)، گروه زراعت، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: pazoki_agri@yahoo.com

۳ - عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

پروازی شندی و همکاران. اثر دور آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای...

مقدمه

گندم از گیاهانی است که بیش از همه گیاهان در جهان کشت می‌شود. امروزه دامنه کشت گندم بسیار وسیع شده است، به طوری که از ۶۷ درجه عرض شمالی در نروژ، فنلاند و روسیه تا ۴۵ درجه عرض جنوبی در آرژانتین کشت می‌شود. امروزه گندم به عنوان بزرگترین و مهم‌ترین منبع غذایی بشر تبدیل شده است، به طوری که ۳۰٪ از کل غلات تولیدی جهان را تشکیل می‌دهد (Carver, 2009)، و تأمین‌کننده بیشترین نیاز غذایی انسان می‌باشد. ۵۵٪ کربوهیدرات‌ها و ۲۰٪ کالری مردم جهان توسط گندم تأمین می‌شود (FAOSTAT, 2009). کاربرد کالری (Kirigwi, 2004) اظهار داشت که خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی از جمله گندم در دنیا و ایران است. این موضوع به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا از اهمیت بیشتری برخوردار است. ایران از لحاظ منابع آبی با متوسط بارندگی حدود ۲۵۰ میلی‌لیتر محدودیت داشته و یک سوم متوسط بارندگی جهان را دارد (Heidari Sharifabadi, 2008). بنابراین اهمیت اقتصادی گندم ایجاب می‌کند تا هر گونه راهکاری برای بهینه کردن سیستم تولید این محصول در کشور به‌ویژه در شرایط خشکی مورد ارزیابی قرار گیرد. یکی از راهکارها می‌تواند استفاده از کودهای زیستی دارای باکتری‌های محرک رشد و اسیدها باشد. در یک دهه گذشته، کودهای زیستی به طور فشرده به عنوان نهاده‌های بوم سازگار به کار برده می‌شوند که سبب کاهش استفاده از کودهای شیمیایی، بهبود وضعیت حاصل‌خیزی خاک برای افزایش تولیدات گیاه شده‌اند که با فعالیت بیولوژیک آن‌ها در ریزوسفر همراه است. هم‌چنین کودهای زیستی در شرایط تنش‌های خشکی و شوری سبب افزایش مقاومت گیاهان می‌گردند (Rivera-Cruz et al., 2008). استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید در عملیات کشاورزی از ۶۰ سال پیش تاکنون آغاز شده است. افزایش این جمعیت‌های مفید می‌تواند هم‌چنین مقاومت گیاه به تنش‌های مختلف محیطی مانند کمبود آب، عناصر غذایی و سمیت عناصر سنگین را افزایش دهد (Wu et al., 2005). اصطلاح کودهای زیستی منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی،

بقایای گیاهی و کود سبز اطلاق نمی‌شود، بلکه باکتری‌ها و قارچ‌ها به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه یا اصطلاحاً (PGPR) و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها از جمله مهم‌ترین کودهای زیستی محسوب می‌شوند (Akbariniya et al., 2003). و یا بر اساس تعریف ویسی (Vessey, 2003)، کود زیستی متشکل از یک یا چند نوع ریزجاندار مفید به همراه مواد نگهدارنده و یا فرآورده‌های متابولیک آن‌هاست که به منظور تأمین عناصر غذایی گیاهان استفاده می‌شوند. بررسی‌ها نشان داده است که استفاده از باکتری‌های آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک، علاوه بر رفع کمبود نیتروژن و بهبود حاصل‌خیزی خاک باعث افزایش عملکرد و هم‌چنین کاهش آلودگی منابع آبی می‌شود (Hungria et al., 1997). هم‌چنین محققان در بررسی‌ها اعلام نمودند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی (Pan et al., 1999)، سبب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب نیتروژن و فسفر می‌شوند (Cakmaci et al., 2005; Cavagneri et al., 2004; Han et al., 2004). هم‌چنین از دیگر ویژگی‌های باکتری‌های محرک رشد، بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه، تأثیر بر بهبود جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه و کمک به گیاه برای رشد در شرایط تنش‌های محیطی می‌باشد (Kokalis-Burelle et al., 2006; Shimon et al., 2004; Wu et al., 2005; Zahir et al., 2004). در کشورهای نظیر استرالیا و آمریکا که بخش‌های مهمی از خاک شان کویری است و با مشکلاتی مشابه ایران مواجه‌اند، انگیزه‌های جدی‌تر برای مصرف‌ها وجود دارد. در چنین سرزمین‌هایی، آب و خاک غالباً قلیایی است و اسید در محیط قلیایی بهتر عمل می‌کند. از این گذشته مناطق بیابانی با مشکلات دیگری نظیر کمبود مواد آلی خاک، کم‌آبی، شوری، نوسان شدید دما در شبانه روز (تنش گرمایی و سرمای) و ساختار نامناسب خاک درگیر هستند (Dae, 2008). اسید هیومیک و اسید فولویک از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ و غیره استخراج می‌شود که در اندازه مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت اند (Sebahattin & Necdet, 2005). اسید هیومیک باعث افزایش رشد، افزایش

جذب عناصر، افزایش تولید ریشه، افزایش مقاومت به تنش های خشکی و شوری، افزایش تنفس، افزایش آنتی اکسیدانت ها می-شود (Cacco et al., 2000). افزایش مقاومت نسبت به خشکی با ساز و کارهای متفاوتی انجام می شود. اسید با اصلاح فیزیکی و بهبود دانه بندی خاک فضای بیشتری برای نفوذ آب ایجاد می کند. به علاوه مولکول های اسید با مولکول های آب پیوندی تشکیل می دهند که تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می گردد. هم چنین مولکول های فولویک اسید (بخش ریز مولکول از اسید) که به درون بافت های گیاهی نفوذ می کنند، با پیوند به مولکول های آب تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده و به حفظ آب در درون گیاه کمک می کنند (Dae, 2008). با توجه به تأثیر باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک بر گیاهان زراعی که نتایج تعدادی از آنها آورده شد، هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر باکتری های محرک رشد و اسید هیومیک بر مقاومت گیاه گندم به تنش خشکی از طریق تأثیر آنها بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم می باشد.

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت اسپیلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتور اصلی تنش خشکی در سه سطح: ۱- آبیاری بعد از ۸۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A (آبیاری مطلوب) ۲- آبیاری بعد از ۱۲۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A (تنش متوسط) ۳- آبیاری بعد از ۱۶۰ میلی متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A (تنش شدید) و فاکتورهای فرعی استفاده از اسید هیومیک در دو سطح: ۱- کاربرد اسید هیومیک ۲- عدم کاربرد اسید هیومیک و استفاده از باکتری های محرک رشد (ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس) در دو سطح: ۱- کاربرد باکتری های محرک رشد ۲- عدم کاربرد باکتری های محرک رشد در نظر گرفته شد.

این آزمایش در مزرعه شرکت کشت و صنعت ۵۰۰ ولی عصر (عج) واقع در فشافویه (حسن آباد) در سال زراعی ۱۳۸۹ اجرا گردید. تیمار باکتری به صورت تلقیح با بذر و محلول پاشی در دو مرحله و تیمار اسید هیومیک به میزان چهار لیتر در هکتار همراه آب آبیاری اعمال گردید. تنظیم زمان

آبیاری در سطوح تنش با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A که در منطقه مستقر بود، انجام گرفت. بذر در آبان ماه ۱۳۸۹ با تراکم کاشت ۴۰۰ بوته در متر مربع در کرت هایی دارای هشت خط کاشت (چهار پشته) به طول چهار متر با فاصله خطوط ۲۵ سانتی متر با تراکم کاشت ۴۰۰ بوته در متر مربع کشت شد که خط اول و آخر به عنوان حاشیه در نظر گرفته شده و از خطوط میانی برای اندازه گیری صفات مورد آزمون استفاده گردید. بین کرت های فرعی یک پشته و بین کرت های اصلی دو پشته به صورت نکاشت در نظر گرفته شد و فاصله بین تکرارها سه متر بود که در آن دو نهر فرعی برای آبیاری و زه آب ایجاد گردید. کود سرک نیتروژن از منبع اوره در مرحله طویل شدن ساقه به طور یکسان برای تمامی تیمارها به میزان ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار مصرف گردید. آبیاری اول به صورت نشتی و آبیاری دوم ۱۰ روز بعد از آبیاری اول صورت گرفت. با توجه به بارندگی ها در پاییز و اوایل زمستان هیچ گونه آبیاری دیگری تا اسفند ماه صورت نپذیرفت و در نیمه اسفند ماه، آبیاری سوم انجام شد. آبیاری های بعدی با در نظر تیمارهای تنش خشکی بر اساس تشتک تبخیر کلاس A همراه با کاربرد اسید هیومیک انجام گرفت. محلول پاشی مخلوط باکتری های محرک رشد روی تیمارهای بذر تلقیح شده با باکتری در دو مرحله آغاز ساقه رفتن و تشکیل سنبله صورت پذیرفت.

پس از تهیه فایل داده ها، به منظور بررسی نرمال بودن توزیع خطاها (Normality Test of Residuals) از آزمون های موجود در نرم افزار SAS (رویه GLM و Univariate)، استفاده شد. همگن بودن واریانس درون تیماری (homogeneity of variances) نیز توسط آزمون لون، (Levene's Test) (۱۹۶۰) رویه GLM در نرم افزار SAS نسخه ۹/۱۲ سنجیده شد. تجزیه واریانس و مقایسات میانگین (LSD) نیز توسط همین نرم افزار صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

آزمون های مورد بررسی بمنظور نرمال بودن توزیع خطاها و همگنی واریانس ها نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی از توزیع نرمال خطا و تمامی صفات به جز وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله از همگنی واریانس برخوردار بودند. در

پروازی شندی و همکاران. اثر دور آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای...

اسید هیومیک و باکتری‌های محرک رشد نیز بر وزن هزاردانه با وجود افزایش در مقدار این صفت، معنی‌دار نبود (جدول ۲).

تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح از دیگر اجزای عملکرد دانه می‌باشند که تعداد دانه در سنبله اختلاف معنی‌داری در سطوح مختلف تنش خشکی اعمال شده نشان داد. تعداد کمتر دانه در سنبله در اثر تنش خشکی می‌تواند به علت عقب‌نشینی شدن گل‌های انتهایی سنبله باشد (Moustafa *et al.*, 1996). نتایج تحقیقات نشان داد که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه قرار گرفت، در حالی که نسبت‌های کودی (دامی و شیمیایی) اثر معنی‌داری بر این صفت نداشتند (Babaeyan *et al.*, 2009). ناکاگامی (Nakagami *et al.*, 2004) در مطالعات خود عدم وجود تفاوت معنی‌دار در تعداد دانه در سنبله در تیمار آبیاری به میزان ۸۰٪ ظرفیت زراعی و آبیاری کامل را به واسطه کمی شدت تنش و بهبود سیستم ریشه‌ای در تیمار تنش گزارش کردند. اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر تعداد سنبله در واحد سطح معنی‌دار شد (جدول ۳ و ۴). برش‌دهی اثر اسید هیومیک در هر سطح آبیاری نشان داد که در تنش شدید بین کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک به ترتیب با ۶۲۸/۵۰ و ۵۱۸/۸۷ عدد سنبله در واحد سطح تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۴)، به نظر می‌رسد دلیل این امر در گندم در طی دوره‌ای از رشد، تجمع ماده خشک در گیاه بیشتر از میزان مصرف آن جهت رشد است، در این حالت مواد فتوسنتزی مازاد به صورت قندهای مختلف اغلب ذخیره می‌شوند و در مراحل بعدی رشد که معمولاً از دو تا سه هفته پس از گل‌دهی شروع می‌شود به دانه انتقال می‌یابند که البته این انتقال در شرایط تنش خشکی به واسطه کاهش کارایی فتوسنتز جاری برگ‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است (Sabry *et al.*, 1995).

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود، ولی اثر کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین درصد شاخص برداشت مربوط به کاربرد باکتری‌های محرک رشد بود کمترین درصد شاخص برداشت در تیمار عدم کاربرد باکتری‌های محرک رشد بدست

خصوص صفات فوق به ترتیب از حذف داده پرت و تبدیل جذری استفاده شد.

نتایج آزمایش نشان داد که عملکرد دانه در سطوح مختلف تنش خشکی به‌طور معنی‌دار متفاوت بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به آبیاری متوسط (۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) و تنش شدید (۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) بود (جدول ۲). دلیل این کاهش عملکرد احتمالاً می‌تواند مربوط به کاهش فتوسنتز گیاه در اثر تنش خشکی باشد که از طریق کاهش تعداد دانه در سنبله باعث کاهش عملکرد شده است. یانگ و ژانگ (Yang and Zhang, 2006) و سامارا (Samarah, 2005) به این نتیجه دست یافتند که تنش کم آبی در دوره پر شدن دانه گندم کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. همچنین مقایسه میانگین مربوط به کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد دانه نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد تغییر معنی‌داری در افزایش عملکرد دانه ایجاد نمود (جدول ۲). عمواقایی و همکاران (Amooaghaee *et al.*, 2003) گزارش کردند که باکتری آزوسپیریوم باعث افزایش عملکرد ارقام مختلف گندم شد و بیان داشتند که این افزایش به نوع سوش باکتری و رقم زراعی بستگی داشت. تحقیقات دیگر نشان داد که کاربرد باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش عملکرد گندم شد (Tutan *et al.*, 2010). کاپولنیک (Kapulnik *et al.*, 1985) در بررسی اثر باکتری بر گیاهان در یک بستر آب کشت، عقیده دارند که افزایش معنی‌دار عملکرد گندم، حاصل افزایش شمار پنجه‌های بارور و نیز ازدیاد وزن هزار دانه بوده است. این در حالی است که بهاتارای و هیس (Bhattarai & Hess, 1993) ازدیاد محصول در اثر تلقیح با آزوسپیریوم را نتیجه ازدیاد شمار دانه در هر سنبله دانسته‌اند. طبق جدول ۲، کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت.

وزن هزاردانه یکی از اجزای عملکرد می‌باشد که با توجه به نتایج جدول ۲، با وجود کاهش آن در اثر افزایش تنش خشکی، اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت مشاهده نشد. اثر کاربرد

فصل نامه دانش نوین کشاورزی پایدار - جلد نهم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۲

اثر متقابل آبیاری و اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۰/۰۵ معنی دار گردید (جدول ۳ و ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که کاربرد اسید هیومیک در شرایط تنش شدید با ۱۴۹۶/۶۲۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک را تولید نمود (جدول ۴). احمد و جابین (Ahmad and Jabeen, 2009) گزارش کردند که کاربرد کود آلی باعث افزایش ارتفاع گیاه، قطر ساقه و عملکرد بیولوژیک آفتابگردان گردید. یافته‌ها نشان داد که اسید هیومیک سبب افزایش معنی دار وزن خشک ساقه و ریشه گندم می‌شود (Sabzevari & Khaziee, 2009; Delfine et al., 2005). این افزایش به دلیل بهبود ساختمان خاک و در نتیجه افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک، تهویه خوب و زهکشی مناسب می‌باشد که رشد ریشه را گسترش داده و جذب مواد غذایی را ارتقا می‌دهد (Saleh, 2003).

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک می‌توانند تا حدودی اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم را کاهش دهند.

سپاسگزاری

این طرح در مزرعه شرکت کشت و صنعت ۵۰۰ ولی عصر (عج) اجرا شد، بدین وسیله از اساتید و کلیه کسانی که مرا در اجرای طرح یاری نمودند کمال تشکر را دارم.

آمد (جدول ۲). احتمالاً استفاده از باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش ظرفیت مخزن، افزایش عملکرد دانه را به دنبال داشته و در نتیجه درصد شاخص برداشت را نیز تحت تأثیر این عامل بالا برده است. به گزارش ویس (Vessey, 2003) استفاده از کودهای بیولوژیک باعث بهبود رشد و نمو و افزایش عملکرد محصولات زراعی می‌گردد. نتایج دیگر نشان می‌دهد که تلقیح با آزوسپیریلوم به افزایش عملکرد کاه و دانه در برنج، جو و گندم کمک می‌کند (Subba et al., 1979). در تحقیقی دیگر گزارش شده که باکتری‌های سودوموناس به طور معنی داری شاخص برداشت گندم را افزایش دادند (Walley and Germida, 1997).

با توجه به نتایج بدست آمده، تفاوت عملکرد بیولوژیک در سطوح مختلف تنش خشکی با هم معنی دار بود (جدول ۱). طبق جدول ۲، در شرایط تنش خشکی بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب مربوط به آبیاری مطلوب و تنش شدید بود. در شرایط آبیاری مطلوب بوته‌ها وزن خشک بالاتری نسبت به شرایط تنش خشکی داشتند که نشان می‌دهد در شرایط تنش خشکی احتمالاً به علت کاهش کارایی فتوسنتزی برگ‌ها و تولید اسیمیلاتی قبل از رسیدن فیزیولوژیک، ماده خشک کمتری تولید شده است (Moslemi, 2010) و این نتیجه با نتایج افی اگلو و همکاران (Efeoglu et al., 2009) روی ذرت مطابقت دارد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری، اسید هیومیک و باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورد بررسی در گندم

Table 1. Analysis of variance of irrigation duration, humic acid and PGPR effects for different traits on wheat

| S.O.V. | D.F. | Mean squares | | | | | |
|----------------|------|-----------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| | | Spikes number per unit area | Seed number per spike | 1000-seed weight | Seed yield | Biological yield | Haevest index |
| block | 3 | 9434.46 ^{ns} | 0.150 ^{ns} | 12.80 ^{ns} | 3635717.91 ^{**} | 0.2003 ^{ns} | 11.95 ^{ns} |
| irrigation (I) | 2 | 38080.08 ^{ns} | 2.122 ^{**} | 37.99 ^{ns} | 3914384.40 ^{**} | 0.9914 ^{**} | 15.37 ^{ns} |
| error (a) | 6 | 7794.86 ^{ns} | 0.101 ^{ns} | 8.84 ^{ns} | 302713.95 ^{ns} | 0.0444 ^{ns} | 3.06 ^{ns} |
| Humic acid (H) | 1 | 10710.18 ^{ns} | 0.090 ^{ns} | 17.52 ^{ns} | 374356.69 ^{ns} | 0/0630 ^{ns} | 27.07 ^{ns} |
| bacteria (B) | 1 | 1656.75 ^{ns} | 0.035 ^{ns} | 14.30 ^{ns} | 6034299.19 ^{**} | 0.0830 ^{ns} | 130.86 ^{**} |
| I×H | 2 | 35145.75 [*] | 0.035 ^{ns} | 9.93 ^{ns} | 1013756.06 ^{ns} | *0.3647 | 13.34 ^{ns} |
| I×B | 2 | 1960.56 ^{ns} | 0.235 ^{ns} | 2.26 ^{ns} | 373998.56 ^{ns} | 0.0007 ^{ns} | 33.02 ^{ns} |
| H×B | 1 | 11781.33 ^{ns} | 0.004 ^{ns} | 1.61 ^{ns} | 54607.52 ^{ns} | 0.0042 ^{ns} | 1.51 ^{ns} |

پروازی شندی و همکاران. اثر دور آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای...

| | | | | | | | |
|----------|----|-----------------------|---------------------|--------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| I×H×B | 2 | 4228.14 ^{ns} | 0.222 ^{ns} | 3.91 ^{ns} | 519301.90 ^{ns} | 0.0616 ^{ns} | 3.75 ^{ns} |
| error bc | 27 | 8162.39 | 0.097 | 4.63 | 524660.27 | 0.1033 | 12.71 |
| C.V. | | 14.6 | 4.4 | 7.0 | 15.8 | 20.4 | 12.4 |

^{ns}، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, *, ** are non-significant and significant at 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری، اسید هیومیک و باکتری‌های محرک رشد بر صفات مورد بررسی در گندم

Table 2. Mean comparison for interaction effects of irrigation duration, humic acid and PGPR effects for different traits on wheat

| Treatment | 1000-seed weight (g) | Seed yield (kg/ha) | Biological yield (kg/ha) | Haevest index |
|----------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| Irrigation duration | | | | |
| 80 mm evaporation | 32.106 ^a | 4871.9 ^a | 17735.6 ^a | 29.36 ^a |
| 120 mm evaporation | 29.198 ^a | 4840.7 ^a | 16557.5 ^a | 28.84 ^a |
| 160 mm evaporation | 29.163 ^a | 4000.0 ^b | 12957.5 ^b | 27.47 ^a |
| Humic acid | | | | |
| Not application | 29.731 ^a | 4659.2 ^a | 15387.9 ^a | 29.313 ^a |
| Application | 30.580 ^a | 4486.4 ^a | 16112.5 ^a | 27.811 ^a |
| Bacteria | | | | |
| Not application | 29.738 ^a | 4216 ^b | 15334.2 ^b | 26.911 ^b |
| Application | 30.902 ^a | 4925.4 ^a | 16233.3 ^a | 30.214 ^a |

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 0.05 of probability level.

جدول ۳- برش‌دهی اثر متقابل اسید هیومیک در هر سطح آبیاری روی صفات تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد بیولوژیک

Table 3. Humic acid effect sliced on irrigation duration for traits of spike number per unit area and biological yield.

| Mean squares | | | |
|---------------------|------|----------------------|-----------------------------|
| Irrigation duration | D.F. | Haevest index | Spikes number per unit area |
| 80 | 1 | 0.0002 ^{ns} | 11396 ^{ns} |
| 120 | 1 | 0.146 ^{ns} | 21536 ^{ns} |
| 160 | 1 | 0.645 [*] | 48071 [*] |

^{ns}، *، ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

ns, *, ** are non-significant and significant at 0.05 and 0.01 of probability levels, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اسید هیومیک در هر سطح آبیاری روی صفات تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد بیولوژیک

Table 4. Mean Comparison of humic acid in irrigation duration for traits spike number per unit area and biological yield

| Irrigation duration | Humic acid | Spikes number per unit area (m ²) |
|---------------------|-----------------|---|
| 80 | Not application | 643.37 ^a |
| 80 | Application | 696.75 ^a |
| 120 | Not application | 645.37 ^a |
| 120 | Application | 572.00 ^a |
| 160 | Not application | 518.87 ^b |
| 160 | Application | 628.50 ^a |

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with similar letters in each column are not significantly different at 0.05 of probability level.

References

- Ahmad R, Jabeen N (2009) Demonstration of growth improvement in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by the use of organic fertilizers under saline conditions. *Pakistan Journal of Botany* 41(3): 1373-1384.
- Akbariniya A, Ghalavand A, Sefid Kan F, Rezaee MB, Sharifiy Ashour Abadi A (2003) The effect of chemical, bestial fertilizers on yield and the amount of essential oil compounds of ajowan (*Trachyspermum copticum* L) . *Research and Development in Agriculture and Horticulture* 3: 32-41.
- Amooaghaee R, Mostajeran A, Emtiyazi G (2003) Effect of *Azospirillum rhizobacteria* on some of yield and growing indices of three wheat cultivars. *Journal of Agriculture and Natural Resource* 139(2): 1-11. [In Persian with English Abstract].
- Babaeyan M, Essmaeliyan Y, Ghanbari A, Ahmadiyan A (2009) Different proportions effect of chemical and bestial fertilizers and late growing season water stress on qualitative and quantitative characteristic of barley. *Science and Research Journal of Islamic Azad University, Tabriz Branch. Agronomy Journal* 12(3): 27-39. [In Persian with English Abstract].
- Bhattarai T, Hess D (1993) Yeild responses of Nepales spring wheat (*T. aestivum*) cultivars to inoculation with *Azospirillum* spp. of Nepalese origin. *Plant Soil* 151: 67-76.
- Cacco G, Attina E, Gelsomino A, Sidari M (2000) Effect of nitrate and humic substances of different molecular size on kietic parameters of nitrate uptake in wheat seedlings. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 163: 313-320.
- Cakmaci R, Akmaci IA, Figen B, Adil A, Fikretin S, Ahin BC (2005) Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Biochemistry* 38: 1482-1487.
- Carver BF (2009) *Wheat science and trade*. Wiley-Blackwell. 616 pp.
- Cavagliari LR, Passone A, Etcheverry MG (2004) Correlation between screening procedures to select root endophytes for biological control of *Fusarium verticillioides* in *Zea mays*. *Biological Control* 31: 259-262.
- Daee MA (2008) What's humic acid. Technical Bulletin No 3. Golsang Kavir Yazd Agricultural Company. Golsang Company Issue. Yazd, Iran. [In Persian with English Abstract].
- Delfine S, Tognetti R, Desiderio E, Alvino A (2005) Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agronomy for Sustainable Development* 25: 183-191.
- Efeoglu B, Ekmekci Y, Cicek N (2009) Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recouery. *South African Journal of Botany* 73: 34-40.
- FAO (2009) FAOSTAT database. <http://faostat.fao.org>
- Han HS, Supanjani K, Lee D (2004) Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Agronomy Journal* 24: 169-176.

پروازی شندی و همکاران. اثر دور آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای...

- Heidari Sharifabad H (2008) Drought mitigation strategies for agriculture. The 10th Iranian Congress of Crop Science, 18-20 Aug. 2008. SPII, Karaj. Iran.
- Hungria M, Andrade DS, Colozzi-Filho A, Balota EL (1997) Interação entre microrganismos do solo, feijoeiro e milho em monocultura consórcio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 32: 807-818.
- Kapulnik Y, Gafn R, Okon Y (1985) Effect of *Azospirillum* spp. inoculation on root development and NO₃ uptake in wheat in hydroponic systems. *Canadian Journal of Botany* 63: 627-631.
- Kirigwi FVM, Van Gin Kel M, Trethowan RG, Sears RG, Rajaram S, Paulsen GM (2004) Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica* 135: 361-371.
- Kokalis-Burelle N, Kloepper JW, Reddy MS (2006) Plant growth promoting rhizobacteria as transplant amendments and their effects on indigenous rhizosphere microorganisms. *Applied Soil Ecology* 31: 91-100.
- Moslemi Z (2010) The effects of super absorbent polymer and biological fertilizer (PGPR) influence on corn yield and growth in normal and water stress conditions. M.Sc. Thesis, Islamic Azad University, Karaj Branch, Karaj, Iran. [In Persian with English Abstract].
- Moustafa MA, Boersma LB, Kyonstad WE (1996) Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Science* 36: 982-986.
- Nakagami K, Okawa TO, Hirasawa T (2004) Effect of a reduction in soil moisture from one month before flowering through ripening on dry matter production and ecophysiological characteristics of wheat plants. *Plant Production Science* 7: 143-154.
- Pan B, Bai YM, Leibovitch S, Smith DL (1999) Plant growth promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in a short growing season area. *Agronomy Journal* 11: 179-186.
- Rivera-Cruz MC, Narcia AT, Ballona GC, Kohler J, Caravaca F, Rold A (2008) Poultry manure and banana wastes are effective biofertilizer carriers for promoting plant growth and soil sustainability in banana crops. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 3092-3095.
- Sabry SRS, Smith LT, Smith GM (1995) Osmoregulation in spring wheat under drought and salinity stress. *Journal of Genetics and Breeding* 49: 55-60.
- Sabzevari S, Khaziee HR (2009) The Effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology* 1(2): 53-63.
- Saleh AL, Abd El-Kader AA, Hegab SAM (2003) Response of onion to organic fertilizer under irrigation with saline water. *Egypt Journal of Applied Science* 18(12 B): 707-716.
- Samarh NH (2005) Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agronomy for Sustainable Development* 25: 146-149.
- Sebahattin A, Necdet C (2005) Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). *Agronomy Journal* 4: 130-133.
- Shimon M, Tirosh T, Glick BR (2004) Plant growth promoting bacteria confer resistance in tomato plant to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 42: 565-572.
- Subba NS, Tilak KVBR, Singh CS, Lakshmi Kumari M (1979) Response of a few economic species of germnaceous plants to inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Current Science* 48: 133-134.
- Tutan M, Gulluce M, Cakmakci R, Oztas T, Sahin F (2010) The effect of PGPR strain on wheat yield and quality parameters. *World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*. Brisbane, Australia, p. 140-143.
- Vessey JK (2003) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 225: 571-586.
- Walley FL, Germida JJ (1997) Response of spring wheat (*Triticum aestivum*) to interactions between *Pseudomonas* species and *Glomus clarum* NT4. *Biology and Fertility of Soils* 24: 365-371.
- Wu SC, Cao ZH, Li ZG, Cheung KC (2005) Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma* 125: 155-166.
- Yong J, Zhang Z (2006) Grain filling of cereal under soil drying. *New Phytologist* 169: 223-236.
- Zhahir AZ, Arshad M, Khalid A (2004) Improved yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. *Pakistan Journal of Soil Science* 15: 7-17.