Archive of SID

تحقیقات غلات
دوره ششم/ شماره اول/ بهار ۱۳۹۵ (۱۱۷-۱۰۵)

بررسی اثر اسید هیومیک و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دوروم تحت شرایط تنش خشکی در منطقه شهر ری

علیرضا پازکی[1*]

تاریخ دریافت: ۹۴/۴/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۵/۲/۲۷

چکیده

به منظور بررسی اثر اسید هیومیک و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم دوروم تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در دانشگاه آزاد اسلامی واحد یاد گار امام خمینی(ره) شهر ری اجرا شد. این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. آبیاری در سه سطح (بر اساس ۸۰ ، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و اسید هیومیک و باکتری‌های محرک رشد ازتوباکتر، سودوموناس و آزوسپریلوم هر دو عامل در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که به غیر از اثر اسید هیومیک بر تعداد دانه در سنبله و عملکرد زیست‌توده، آثار اصلی همه فاکتورها بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. در این شرایط کوتاه شدن دور آبیاری به ۸۰ میلی‌متر سبب افزایش عملکرد دانه به ۳۶۵۵/۳۷ کیلوگرم در هکتار و کاربرد باکتری‌های محرک رشد موجب افزایش ۹/۴ و ۴/۶ درصدی عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده نسبت به شاهد شد. کاربرد اسید هیومیک نیز عملکرد دانه را به میزان ۶/۹ درصد نسبت به عدم مصرف آن افزایش داد. از میان آثار متقابل عوامل آزمایشی، تنها اثر متقابل آبیاری × باکتری‌های محرک رشد بر صفات طول پدانکل و تعداد سنبله در واحد سطح معنی‌دار بود و در این شرایط در دور آبیاری ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A، گیاهان تلقیح شده و تلقیح نشده با باکتری‌های محرک رشد ضمن قرار گرفتن در یک گروه آماری، دارای بیشترین مقدار صفات مذکور نسبت به شاهد بودند. بر اساس یافته‌های این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر بیشتر صفات مورد مطالعه بیشتر از اسید هیومیک بود.

واژه‌های کلیدی: آزوسپریلوم، ازتوباکتر سودوموناس، دور آبیاری، کود آلی

۱- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد یادگار امام خمینی(ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
* نویسنده مسئول: pazoki_agri@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

گندم دوروم گیاهی از خانواده *Poaceae*، تک‌لپه، خودگشن، یک‌ساله و روز بلند است. این رقم حدود ۱۰ درصد از تولید گندم را در جهان تشکیل می‌دهد و حدود ۲۵-۲۰ درصد بیشتر از گندم نان ارزش ریالی دارد. سمولینا مهم‌ترین محصول گندم دوروم است که معمولاً برای تولید ماکارونی، بلغور و نان مصرف می‌شود. گندم دوروم با داشتن درصد بالای پروتئین (۱۴-۱۲ درصد) در مقایسه با برنج (۷ درصد) و گندم نان (۱۲-۱۰ درصد) از جمله مهم‌ترین گیاهان زراعی است (Noormahammadi *et al.*, 1995). اغلب کشورهای تولید کننده گندم دوروم دارای شرایط آب و هوایی خشک و گرم و یا سرد هستند و این گندم دارای تحمل بسیار خوبی به شرایط نامساعد طبیعی از جمله خشکی، گرما، تغییرات ناگهانی دما و بیماری‌هایی مانند زنگ زرد و سیاهک‌ها دارد (Noormahammadi *et al.*, 1995).

وضعیت منابع خاک کشور به شدت نگران‌کننده و در خطر است. سالانه ۱۳۰ هزار هکتار مرتع تخریب، ۴۸۰ هزار هکتار جنگل نابود و ۱/۵ میلیارد تن خاک در اثر فرسایش از بین می‌رود که معادل ۱۴ درصد سرمایه ثابت ناخالص کشور است (Kouchaki and Alizadeh, 1995). شواهد و داده‌های نگران‌کننده‌ای نیز در مورد وضعیت منابع آب در ایران وجود دارد. سالانه اغلب سفره‌های آب زیرزمینی کشور با افت متوسط یک متر مواجه است که این امر در مناطق حاشیه‌ای و کم‌بازده شدیدتر به چشم می‌آید (Khalilian and Shamsodini, 2001). در این ارتباط، به منظور تغذیه بهینه گیاه بر اساس اصول کشاورزی پایدار و نیز جهت کاهش اثر تنش‌های محیطی، استفاده از برخی کودهای زیستی مانند باکتری‌های محرک رشد (PGPR) مورد توجه قرار گرفته‌اند (Zahir, 2004). باکتری‌های محرک رشد از طریق تثبیت زیستی نیتروژن، محلول کردن فسفر و پتاسیم، افزایش عناصر معدنی خاک، کنترل عوامل بیماری‌زا و همچنین تولید هورمون‌های تنظیم کننده رشد گیاه، عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و نیز سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شوند (Sifola *et al.*, 2006). این کودها می‌توانند بخش عمده‌ای از نیاز نیتروژن گیاه را تأمین کنند. همچنین باکتری‌های موجود در آن سبب انحلال فسفات نامحلول در خاک شده و از طریق تولید هورمون‌های طبیعی محرک رشد گیاه، سبب گسترش ریشه‌ها و جذب بیشتر و بهتر آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شوند (Esitken *et al.*, 2010). در عین حال باکتری‌های محرک رشد از طریق سنتز هورمون‌های محرک رشد مثل ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها باعث افزایش رشد گیاه، درصد جوانه‌زنی بذرها، ریشه‌زایی و گسترش ریشه می‌شوند (Sharma, 2006; Emtiazi, 2007). این گروه از باکتری‌ها از طریق مکانیزم‌های مختلفی در منطقه ریزوسفر باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (Vessey, 2003).

زهیر و همکاران (Zahir *et al.*, 2004) اعلام کردند که در صورت تلقیح گیاه گندم با تثبیت کننده‌های آزاد نیتروژن، رشد گیاه بیشتر می‌شود و عملکرد آن افزایش می‌یابد. پس از تبدیل بقایای گیاهی به کمپوست، چنانچه روند تجزیه ادامه یابد، ریزجانداران تجزیه کننده موجود در خاک ماده نرم قهوه‌ای رنگی به جای می‌گذارند که به آن هوموس گفته می‌شود (Eisa-Salwa, 2011). اگر باز شرایط مناسب برای فعالیت ریزجانداران یعنی گرما، رطوبت، اکسیژن و مواد معدنی مناسب فراهم باشد، هوموس در دوره‌ای که ممکن است به ده‌ها و یا صدها سال نیز برسد، سرانجام به ماده سیاه رنگ مایل به قهوه‌ای به نام اسید هیومیک تبدیل خواهد شد (Sebahattin and Necdet, 2005). به جز نوار ساحلی شمال کشور، میزان ماده آلی خاک در اکثر نقاط کشور زیر یک درصد و در بسیاری از مناطق حتی کمتر از ۰/۱ درصد است (Samavat and Malakuti, 2005; Ghorbani *et al.*, 2010). اسید هیومیک با افزایش نفوذپذیری سلول‌های ریشه به جذب بهتر مواد غذایی و توسعه بیشتر گیاه کمک می‌کند. بعلاوه، ثابت شده است که اسید هیومیک با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه تکثیر سلولی را در کل گیاه و به ویژه در ریشه‌ها افزایش می‌دهد و عملکرد را بهبود می‌بخشد (Albayrak and Camas, 2005; Eisa-Salwa, 2011).

با توجه به سطح قابل توجه زیر کشت گندم دوروم در مناطق گرم و خشک کشور که تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدود کننده عملکرد در آن‌ها است، این تحقیق اجرا شد که هدف از آن بررسی امکان مقابله با آثار سوء تنش خشکی از طریق کاربرد باکتری‌های محرک رشد و کود آلی اسید هیومیک بود.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری بر اساس آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده- فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح (دور آبیاری بر اساس۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A) و باکتری‌های محرک رشد (RPGR) در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد باکتری‌های محرک رشد) و اسید هیومیک در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد هیومیک اسید) به صورت فاکتوریل به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. قبل از اجرای آزمایش به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، ۱۰ نمونه تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و مورد تجزیه فیزیکی و شیمیایی قرار گرفت (جدول ۱). آب مورد استفاده برای آبیاری مزرعه با pH حدود ۷/۳ و هدایت الکتریکی برابر با ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر، کیفیت مطلوبی برای استفاده داشت. زمین محل اجرای آزمایش در طول سال قبل آیش بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، مصرف کودهای شیمیایی (بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به صورت ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره و ۶۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپر فسفات تریپل)، دیسک، ماله و ایجاد فاروها (به فاصله‌های ۶۰ سانتی‌متر) به نحو مطلوب، قبل از کاشت انجام شد و سپس نقشه آزمایش روی زمین پیاده شد. هر کرت آزمایشی دارای ۹ خط کاشت به طول ۵ متر با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع بود. خطوط اول و آخر و ۵۰ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و از ۷ خط وسط برای اندازه-گیری صفات مورد آزمون استفاده شد. بین هر یک از کرت های فرعی یک پشته و بین کرت های اصلی دو پشته به صورت نکاشت در نظر گرفته شد و فاصلهٔ بین تکرارها نیز سه متر تعیین شد.

جدول ۱ - خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1. Physical and chemical characteristics of the experimental field

شن (درصد) Sand (%)	لای (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	EC ($ds.m^{-1}$)	N (%)	P2O5 ($mg.kg^{-1}$)	K ($mg.kg^{-1}$)	Fe ($mg.kg^{-1}$)	Zn ($mg.kg^{-1}$)	Cu ($mg.kg^{-1}$)
63	23	12	1.5	0.09	12	350	7.6	1	0.7

عملیات کاشت در آبان ماه ۱۳۹۰ انجام شد و از بذر لاین D-۸۱ استفاده شد. برای تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد از جنس‌های ازتوباکتر (سویه کروکوکوم)، سودوموناس (سویه فلورسنس) و آزوسپریلوم (سویه برازیلنس) استفاده و هر یک از آن‌ها با نسبت برابر در آزمایشگاه بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب، مخلوط و به روش بذرمال مورد استفاده قرار گرفتند. در این شرایط، پس از محاسبه میزان بذر برای هر تیمار و ریختن آن‌ها در داخل یک کیسه پلی‌اتیلنی، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر صمغ عربی به آن اضافه و برای مدت ۳۰ ثانیه به شدت تکان داده شد تا سطح کلیه بذرها به‌طور یکنواخت چسبناک شود. پس از آن، مقدار ۲۰ گرم از مایهٔ تلقیح به بذرهای چسبناک اضافه شد و پس از ۴۵ ثانیه تکان دادن و اطمینان از چسبیدن یکنواخت مایهٔ تلقیح به بذرها، بذرهای آغشته به مایهٔ تلقیح روی ورقهٔ آلومینیومی تمیز در زیر سایه پهن شد تا بذرها خشک شوند (Zahir *et al.*, 2004). سپس به سرعت نسبت به کاشت بذرها اقدام شد. اسید هیومیک در کشت گیاهان معمولاً به سه روش استفاده می‌شود (Ghorbani *et al.*, 2010) که در این آزمایش بر اساس پیشنهاد موسسه تحقیقات خاک و آب در رابطه با گندم از روش بذرمال استفاده شد. برای این منظور، ۱/۵ لیتر از کود هوموسی هیومکس با ۱۰ لیتر آب مخلوط و برای ۱۰۰ کیلوگرم بذر گندم دوروم استفاده شد (Samavat and Malakuti, 2005; Kaya *et al.*, 2005). در این تحقیق علاوه بر مصرف کود نیتروژن به صورت پایه، در دو مرحله (آغاز به ساقه رفتن و آغاز سنبله‌دهی) نیز به صورت سرک هر یک به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص مصرف شد. روش آبیاری به صورت جوی و پشته انجام و حجم آب وارد شده به کرت‌ها با استفاده از کنتور تعیین شد.

برداشت دانه در مرحله رسیدگی کامل دانه‌ها در خردادماه انجام پذیرفت. برای محاسبهٔ تعداد سنبله در متر

www.SID.ir

Archive of SID

مربع، مساحت یک متر مربع از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و تعداد سنبله‌ها ها شمارش و از آنها میانگین گرفته شد. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در سنبله، از هر کرت ۲۰ سنبله به طور تصادفی انتخاب و پس از بوجاری و شمارش تعداد بذرها، متوسط تعداد دانه در سنبله برای هر واحد آزمایشی مشخص شد (Samavat and Malakuti, 2005). وزن هزار دانه نیز از شمارش و توزین چهار نمونه تصادفی ۱۰۰ بذری در هر کرت و ضرب کردن میانگین آن‌ها در عدد ۱۰ به دست آمد (Kaya *et al.*, 2005; Cox and Jolliff, 2007). برای اندازه‌گیری عملکرد زیست‌توده، پس از حذف حاشیه، مساحت دو متر مربع از هر کرت کف بر، خشک و توزین و به کیلوگرم در هکتار تبدیل شد. نمونه‌های حاصل از این بخش پس از جدا کردن دانه‌ها و توزین آن‌ها به کیلوگرم در هکتار تبدیل و عملکرد دانه در رطوبت ۱۲ درصد محاسبه شد و شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیست‌توده بر حسب درصد به دست آمد.

برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excell انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آثار اصلی فاکتورها بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود، اما هیچ‌یک از آثار متقابل بین فاکتورها معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از ارتفاع بوته کاسته شد و در دور آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر به کمترین مقدار خود (۵۸/۷۱ سانتی‌متر) رسید. در عین حال کاربرد باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک به ترتیب موجب افزایش ۱/۰۷ و ۱/۰۱ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک بر صفات گندم دوروم

Table 2. Analysis of variance of the effect of irrigation, PGPR and humic acid on durum wheat characters

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square				
		ارتفاع بوته Plant height	طول پدانکل Peduncle length	تعداد پنجه No. of tiller	تعداد سنبله No. of spike	طول سنبله Spike length
تکرار Replication (R)	3	30.74 ^{ns}	2.22^{ns}	0.01 ^{ns}	1280.78 ^{ns}	1.48 ^{ns}
آبیاری Irrigation (A)	2	6269.82**	326.89**	30.03**	248951.4**	122.61**
تکرار×آبیاری R×A	6	11.66	0.93	0.19	1272.12	0.64
باکتری PGPR (B)	1	933.68**	25.52**	2.95**	13426.83**	10.92**
اسید هیومیک Humic acid (C)	1	824.19**	18.01**	2.75**	8651.07**	6.38**
آبیاری×باکتری A×B	2	229.75 ^{ns}	10.91**	0.78 ^{ns}	8353.94**	2.46 ^{ns}
آبیاری×اسید هیومیک A×C	2	5.36 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.03 ^{ns}	127.87 ^{ns}	0.47 ^{ns}
باکتری×اسید هیومیک B×C	1	10.17 ^{ns}	0.91 ^{ns}	0.03 ^{ns}	20.54 ^{ns}	0.88 ^{ns}
آبیاری×باکتری×اسید هیومیک A×B×C	2	0.50 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.01 ^{ns}	637.04 ^{ns}	0.29 ^{ns}
خطای آزمایش Error	27	77.28	2.55	0.36	1616.27	0.90
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	11.3	9.93	13.07	9.15	10.04

^{ns}، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

Table 2. Continued

جدول ۲- ادامه

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	Mean square میانگین مربعات				
		تعداد دانه در سنبله No. of grain per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد زیست‌توده Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication (R)	3	15.37 ns	22.48 ns	159455.51ns	34236.22 ns	19.41 ns
آبیاری Irrigation (A)	2	1273.67**	1517.15**	10849001**	2756536.30**	1127.19**
تکرار×آبیاری R×A	6	6.72	9.19	65910.83	6226786.57	2.62
باکتری PGPR (B)	1	100.92**	131.01**	938030.04**	1505491.68*	51.87**
اسید هیومیک Humic acid (C)	1	21.87 ns	68.40*	492378.80*	785715.36 ns	27.45**
آبیاری×باکتری A×B	2	8.54 ns	8.68ns	61960.56 ns	841746.11 ns	3.39 ns
آبیاری×اسید هیومیک A×C	2	0.34 ns	0.46 ns	3393.13 ns	42823.21 ns	1.67 ns
باکتری×اسید هیومیک B×C	1	0.21 ns	4.26 ns	31298.76 ns	211364.56 ns	0.32 ns
آبیاری×باکتری×اسید هیومیک A×B×C	2	0.32 ns	0.72 ns	5255.05 ns	51051.19 ns	0.08 ns
خطای آزمایش Error	27	10.60	11.13	79803.45	479088.13	2.99
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		10.46	8.96	9.97	9.11	4.66

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک بر صفات گندم دوروم

Table 3. Mean comparison of the effect of irrigation, PGPR and humic acid on durum wheat characters

عامل Factor	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول پدانکل Peduncle length (cm)	تعداد پنجه No. of tiller	تعداد سنبله No. of spike	طول سنبله Spike length (cm)
آبیاری Irrigation					
80 mm	98.23 a	20.76 a	3.45 a	564.1 a	12.13 a
120 mm	76.40 b	15.96 b	2.86 b	438.99 b	9.32 b
160 mm	58.71 c	11.63 c	1.69 c	314.54 c	6.77 c
باکتری محرک رشد (PGPR)					
کاربرد باکتری‌ها Application of PGPR	82.19 a	16.82 a	3.21 a	455.90 a	9.94 a
عدم کاربرد باکتری‌ها No application of PGPR	73.37 b	15.36 b	2.47 b	422.45 b	8.98 b
اسید هیومیک Humic acid					
کاربرد اسید هیومیک Application of humic acid	81.92 a	16.70 a	3.02 a	452.60a	9.83 a
عدم کاربرد اسید هیومیک No application of humic acid	73.64 b	15.47 b	2.35 b	425.75 b	9.10 b

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و هر عامل، تفاوت معنی‌داری با آزمون دانکن ندارند.

Means followed by similar letters in each column and each factor have not significant differences by Duncan's test.

www.SID.ir

Archive of SID

یافته‌های پنگ و لتی (Pang and Letey, 2009) حاکی از آن است که که کاربرد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش ارتفاع و طول سنبله در گیاه گندم شد. ارتفاع بوته شاخصی از رشد رویشی محسوب می‌شود که با توجه به افزایش قابل ملاحظه این صفت بر اثر کاربرد کودهای زیستی و آب، رشد رویشی و عملکرد زیست‌توده نیز بهبود می‌یابد. محلول‌پاشی برگ‌های ارزن با اسید هیومیک، طول ریشه، ارتفاع گیاه، طول خوشه، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، محتوای پروتئین خام و تعداد دانه در پانیکول و آغشته کردن بذرها با اسید هیومیک وزن هکتولیتر را افزایش داده است (Saruhan *et al.*, 2011).

طول پدانکل

نتایج این آزمایش نشان داد که تمامی آثار اصلی فاکتورها (رژیم آبیاری، باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک) بر صفت طول پدانکل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند، در حالی که از بین آثار متقابل بین فاکتورها، فقط اثر متقابل رژیم آبیاری × باکتری‌های محرک رشد بر این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). کمترین طول پدانکل به میزان ۱۰/۲۷ سانتی‌متر مربوط به تیمار عدم استفاده از باکتری در شدیدترین تنش آبیاری (۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) بود، در حالی که بیشترین طول پدانکل در دو تیمار آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A همراه با اعمال (۲۰/۴۶ سانتی‌متر) و بدون اعمال باکتری‌های محرک رشد (۲۰/۸۷ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۱).

ارتفاع بوته در بیشتر گیاهان همبستگی مثبتی با پتانسیل عملکرد دارد (Pang and Letey, 2009). واکنش گیاهان مختلف به تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی با توجه به مصرف کودهای زیستی تغییر می‌کند. گزارش شده است که تلقیح با آزوسپیریلوم، طول پدانکل، وزن خشک بوته و وزن هزار دانه گندم دوروم تلقیح شده را با وجود تنش خشکی افزایش می‌دهد (Alvarez *et al.*, 2010). تنش‌هایی که سرعت رشد گندم را در مراحل ساقه‌دهی و خوشه‌دهی کاهش می‌دهند، منجر به کاهش بیشتر عملکرد دانه می‌شوند (Fredrick *et al.*, 2011). گزارش‌ها نشان می‌دهند که طول پدانکل گندم دوروم که ارتباط تنگاتنگی با ارتفاع بوته دارد، در شرایط کمبود رطوبت کاهش می‌یابد (Cox and Jolliff, 2007). همچنین مشاهدات نشان می‌دهند که مصرف اسید هیومیک در گیاه لوبیا چشم بلبلی در مرحله دو برگچه‌ای، اثر معنی‌داری بر رشد رویشی داشت، به طوری که در این شرایط، برگ‌ها انبوه‌تر، شاداب‌تر و رنگ سبز تیره‌تری داشتند که به فعالیت فتوسنتزی مطلوب‌تر و رشد رویشی و ارتفاع بوته بیشتری منجر شد (Astaraei and Ivani, 2008). همچنین گیاهان تیمار شده رشد میانگره‌ای بالایی داشتند که در نتیجه وزن خشک برگ، ساقه و در نهایت وزن خشک گیاه نیز افزایش داشت. مصرف ترکیبات آلی موجب جذب عناصر غذایی توسط گیاه و افزایش ارتفاع بوته و طول پدانکل می‌شود (Samavat and Malakuti, 2005; Astaraei and Ivani, 2008).

تعداد پنجه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آثار اصلی فاکتورها بر تعداد پنجه معنی‌دار بود و هیچ‌یک از آثار متقابل بین فاکتورها معنی‌دار نشدند (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد پنجه کاسته شد و در دور آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر به کمترین تعداد خود (۱/۶۹ عدد) رسید. در عین حال کاربرد باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک به ترتیب موجب افزایش ۲۳/۰۵ و ۲۲/۱۸ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۳).

تعداد سنبله در واحد سطح

آثار اصلی تیمارهای آبیاری، باکتری و اسید هیومیک و نیز اثر متقابل آبیاری × باکتری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد سنبله در واحد سطح معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم های آبیاری و اعمال باکتری بر این صفت نشان داد که در تیمار آبیاری ۸۰ میلی‌متر تبخیر، کاربرد باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش تعداد سنبله در متر مربع شد، اما با افزایش شدت تنش کاربرد این باکتری‌ها در مقایسه با عدم کاربرد آنها به طور معنی‌داری سبب افزایش تعداد سنبله در واحد سطح شد، به طوری که می‌توان کمترین تعداد سنبله در واحد سطح به تعداد ۲۸۳/۳ عدد را در تیمار آبیاری در ۱۶۰ میلی‌متر

www.SID.ir

Archive of SID

تبخیر و بدون کاربرد باکتری‌های محرک رشد مشاهده کرد (شکل ۲).

در گندم دوروم هر قدر تعداد پنجه بیشتر شود، احتمال افزایش تعداد سنبله در واحد سطح نیز افزایش می‌یابد و در حقیقت رابطه این دو صفت مستقیم است (Nezami, 2006). از طرفی ظهور و رسیدگی پنجه‌های بارور در رابطه با تأمین مقادیر مناسبی از عناصر غذایی به خصوص نیتروژن می‌باشد. جذب نیتروژن از مراحل ابتدایی رشد آغاز می‌شود، ولی از زمان پنجه‌زنی افزایش می‌یابد و در مرحلهٔ گلدهی به بیشترین مقدار خود خواهد رسید (Alcozn *et al.*, 2008). زمانی که ذخیره رطوبتی خاک کافی باشد، نه تنها تعداد سنبله در واحد سطح افزایش می‌یابد، بلکه به‌دلیل جلوگیری از سقط گلچه‌ها، ناشی از کمبود عناصر غذایی بویژه نیتروژن، تعداد دانه در سنبله افزایش می‌یابد.

نظامی (Nezami, 2006) گزارش کرد که افزایش جذب نیتروژن توسط گندم، تاثیر مثبت و مستقیمی بر افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله دارد. افزایش جذب نیتروژن با کاربرد باکتری‌های محرک رشد و هیومیک اسید، باعث افزایش تولید آسیمیلات توسط گیاه شده که علاوه بر تحریک تولید پنجه‌های بارور بیشتر، مانع از سقط گلچه‌ها نیز می‌شود.

طول سنبله

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آثار اصلی فاکتورها بر طول سنبله معنی‌دار بود، ولی هیچ‌یک از آثار متقابل بین فاکتورها بر طول سنبله معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از طول سنبله کاسته شد و در دور آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر به کمترین مقدار خود (۶/۷۷ سانتی‌متر) رسید. در عین حال کاربرد باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک به ترتیب موجب افزایش ۹/۶۶ و ۷/۴۳ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۳).

طول سنبله از اجزای مهم دخیل در عملکرد است، به‌طوری که سنبله‌های بلندتر دارای تعداد سنبلچه‌های بیشتر و در نتیجه تعداد دانه بیشتری هستند. نتایج محققین نشان داده است که محلول‌پاشی برگ‌های ارزن با اسید هیومیک طول ریشه، ارتفاع گیاه، طول خوشه، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، محتوای پروتئین خام و تعداد دانه در پانیکول را افزایش می‌دهد (Astaraei and Ivani, 2008). همچنین، آغشته‌سازی بذرها با اسید هیومیک وزن هکتولیتر را افزایش می‌دهد (Saruhan *et al.*, 2011).

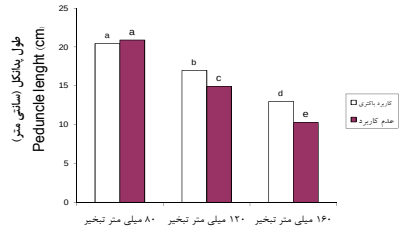
تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که به‌جز اسید هیومیک، آثار اصلی سایر فاکتورها بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود، ولی هیچ‌یک از آثار متقابل معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از تعداد دانه در سنبله کاسته شد و در دور آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر به کمترین تعداد خود (۱۶/۲۲ عدد) رسید. کاربرد باکتری‌های محرک رشد نیز موجب افزایش ۸/۹۳ درصدی این صفت شد (جدول ۳).

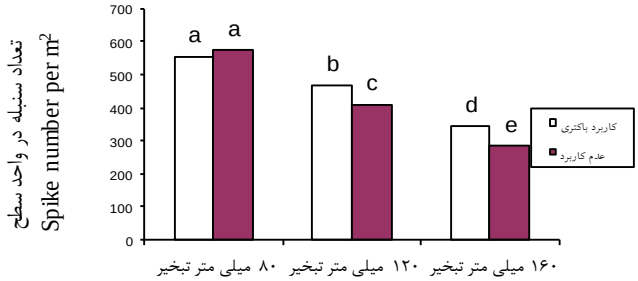
گزارش شده است که در ابتدای مراحل زایشی، تأمین عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن سبب افزایش آغازه‌های گلچه در سنبله شده که خود سبب افزایش تعداد دانه در سنبله می‌شود. در این مورد مشاهده شد که تیمارهای حاوی باکتری‌های محرک رشد دارای بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله بودند که با نتایج آستارایی و ایوانی (Astarae and Ivani, 2008) مطابقت داشت. در بررسی اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک و نیتروژن بر گندم دوروم گزارش شد که اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه و ریشه گندم دوروم شد. همچنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه شد (Delfine *et al.*, 2005). به علاوه، کاربرد اسید هیومیک همراه با روی، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه گندم نان را افزایش می‌دهد (Kaya *et al.*, 2005). در مطالعه دیگری، اثر تیمار اسید هیومیک بر رشد رویشی، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها، وزن تر، سطح برگ هر گیاه، عملکرد کل غلاف‌ها، جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم، نسبت پتاسیم به سدیم، نسبت کلسیم به سدیم و نیز محتوای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، پروتئین و کربوهیدرات‌های بذر لوبیا چشم بلبلی با افزایش میزان اسید هیومیک به طور معنی‌داری افزایش پیدا کردند (El-Hefny, 2010).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × باکتری‌های محرک رشد بر صفت طول پدانکل
Figure 1. Mean comparison of the irrigation × PGPRs interaction on peduncle length



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × باکتری‌های محرک رشد بر صفت تعداد سنبله در متر مربع
Figure 2. Mean comparison of the irrigation × PGPRs interaction on spike number per m^2

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آثار اصلی تمامی فاکتورها بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، اما هیچ‌یک از آثار متقابل معنی‌دار نبودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از وزن هزار دانه کاسته شد و کمترین مقدار آن در دور آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر (۲۳/۷۲ گرم) مشاهده شد. کاربرد باکتری‌های محرک رشد و اسید هیومیک نیز به ترتیب موجب افزایش ۹/۴۲ و ۶/۸۹ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۳).

با افزایش فراهمی نیتروژن ناشی از کاربرد باکتری‌های محرک رشد، تعداد دانه در سنبله و نیز وزن دانه‌ها افزایش می‌یابد (Noormohammadi *et al.*, 1997). همان‌طور که مشاهده می‌شود، در سطح آبیاری با ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر به علت تنش شدیدی که به گیاه وارد می‌شود، دوباره وزن هزار دانه نسبت به سایر سطوح آبیاری به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است. نتایج به‌دست آمده توسط آلکوزن و همکاران (Alcozn *et al.*, 2008) نیز نشان داد که محلول‌پاشی برگ‌های ارزن با اسید هیومیک، طول ریشه، ارتفاع گیاه، طول خوشه، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، محتوای پروتئین خام و تعداد دانه در پانیکول را افزایش می‌دهد. همچنین آغشته‌سازی بذرها با اسید هیومیک وزن هکتولیتر را افزایش داده است (Saruhan *et al.*, 2011).

عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که به‌جز اثر اسید هیومیک بر عملکرد زیست‌توده، آثار اصلی سایر فاکتورها بر عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت معنی‌دار بود، ولی هیچ‌یک از آثار متقابل معنی‌دار نبودند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی آبیاری نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از عملکرد دانه،

www.SID.ir

Archive of SID

زیست‌توده و شاخص برداشت کاسته شد و در دور آبیاری ۱۶۰ میلی‌متر، به ترتیب به ۲۰۰۸/۵۰ کیلوگرم در هکتار، ۶۱۶۰/۸ کیلوگرم در هکتار و ۲۹/۳۱ درصد رسید. در عین حال کاربرد باکتری‌های محرک رشد نیز به ترتیب موجب افزایش ۹/۴۰ ، ۴/۵۶ و ۵/۴۵ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد (جدول ۳). همچنین کاربرد اسید هیومیک مقدار عملکرد دانه (۲۹۳۵/۶۹ کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (۳۷/۸۷ درصد) را به بیشترین مقدار خود رساند. در پژوهشی با بررسی اثر تنش رطوبتی بر برخی غلات گزارش شده است که تنش آب، وزن خشک اندام‌های هوایی را بیشتر از وزن خشک ریشه کاهش می‌دهد (Pannu *et al.*, 2005).

شواهد زیادی وجود دارد که کاهش فراهمی آب سبب کاهش جذب عناصر غذایی (Burd *et al.*, 2010)، افت شاخص سطح برگ و توان فتوسنتزی گیاه (Ribas-Carbo *et al.*, 2005) می‌شود که نتیجه آن کاهش عملکرد ماده خشک گیاهی می‌باشد. کاهش عملکرد و وزن هزار دانه گندم دوروم بر اثر تنش آبی در تحقیقات متعددی گزارش شده است (Cox and Jolliff, 2007; Foroud *et al.*, 2008). نتیجه‌گیری شده است که کاهش تعداد دانه در سنبله بر اثر شرایط تنش در اوایل گلدهی مهم‌ترین دلیل برای کاهش عملکرد دانه گندم دوروم می‌باشد (Demir *et al.*, 2007). کاکس و جولیف (Cox and Jolliff, 2007) بیان داشتند که تیمارهای آبیاری ناقص (۳۰ تا ۵۰ درصد آب کمتر در مقایسه با آبیاری کامل) به‌طور متوسط ۵۰ درصد عملکرد کمتری در مقایسه با آبیاری کامل داشتند. دمیر (Demir *et al.*, 2007) گزارش کردند که تنش حاصل از ۶۰ تا ۱۰۰ درصد تخلیه رطوبتی در مرحله زایشی، تعداد دانه در سنبله و در نهایت عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. بنابر نظر محققین کاهش در تولید کربوهیدرات‌ها برای نمو دانه بر اثر تنش رطوبتی و طول پدانکل، از جمله مهم‌ترین دلایل فیزیولوژیک برای کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی می‌باشد (Khaliq, 2004).

در این تحقیق به طور کلی مشاهده شد که در سطح آبیاری ۸۰ میلی‌متر تبخیر، در صفات مورفولوژیک و عملکردی گیاه، بین کاربرد و عدم کاربرد باکتری اختلاف ناچیز و در اکثر موارد غیرمعنی‌دار بود. در بسیاری از منابع گزارش شده است که آثار مفید باکتری‌های محرک رشد به عنوان یک عامل القا کننده مقاومت به تنش در گیاه در شرایط تنش بیشتر مشهود است، که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد (Cox and Jolliff, 2007; Demir *et al.*, 2007; Foroud *et al.*, 2008). آنها گزارش کردند که شرایط فراهمی رطوبت، توانایی گیاه جهت دسترسی به عناصر غذایی به خصوص نیتروژن افزایش می‌یابد و این سبب می‌گردد که آثار کاربرد این باکتری‌ها در هنگام مواجهه با تنش خشکی بیشتر قابل مشاهده باشد. دمیر و همکاران (Demir *et al.*, 2007) اظهار داشتند، کاهش عملکرد ماده خشک گندم دوروم در شرایط کمبود آب، احتمالا مرتبط با آبسزیک اسید تولید شده در سلول‌های گیاهی می‌باشد که فعالیت این هورمون سبب کاهش تقسیم سلولی و سنتز DNA می‌شود. جوکوبی و همکاران (Jakoby *et al.*, 2006) گزارش کردند که اسید آبسیزیک تولید شده در اثر شرایط کم آبی، سبب القای بیان ژنی می‌شود که از فعالیت پروتئین وابسته به سیکلین (Cyclin- dependent activity ((ICK1) جلوگیری می‌کند. این پروتئین (ICK1) در فرایندهای تقسیم سلولی مؤثر است و بنابراین جلوگیری از فعالیت آن، مانع از رشد و توسعه گیاه و در نهایت باعث کاهش عملکرد ماده خشک گیاه می‌شود. علاوه بر اسید آبسزیک عوامل دیگری از جمله تغییر در پتانسیل اسمزی گیاه و بسته شدن رونه ها نیز در کاهش ماده خشک گیاهی در شرایط تنش آبی دخالت دارند. در مقابل، محققین دیگری نیز اظهار داشتند که PGPR ها از جمله گونه‌های آزوسپریلوم و ازتوباکتر از طریق افزایش شکل محلول قابل جذب عناصر غذایی در محیط ریشه، باعث افزایش سرعت و مقدار جذب عناصر غذایی توسط گیاه می‌شوند و در نتیجه عملکرد ماده خشک گیاهی افزایش می‌یابد (Remans *et al.*, 2007; Liu *et al.*,2008; Kapulnik*et al.*, 2010).

در برخی منابع، افزایش ماده خشک کل بوته، تحت تأثیر تلقیح با باکتری‌های حل کننده فسفات گزارش شده است (Stancheva and Dinev, 2003). این افزایش تجمع ماده خشک ممکن است به دلیل تأمین نیازهای

www.SID.ir

Archive of SID

غذایی گیاه، تهویه بهتر ریشه‌ها و رشد بیشتر آن‌ها و همچنین افزایش میزان فتوسنتز خالص باشد.

شاخص برداشت به نسبت عملکرد اقتصادی (وزن خشک دانه) به عملکرد زیستی (وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه) اتلاق می‌شود (Sinclair *et al.*, 2005). بنا بر نظر هی و پورتر (Hay and Porter, 2006) شاخص برداشت صفتی عمدتاً ژنتیکی است و در حقیقت تأثیر تنش خشکی یا کمبود جذب عناصر غذایی ناشی از آن، عملکرد دانه و وزن خشک کل را تقریبا به یک نسبت کاهش می‌دهد. بالاتر بودن شاخص برداشت در تیمارهای حاوی اسید هیومیک به خاطر افزایش ذخیره رطوبت خاک در اثر به‌کارگیری این تیمارها می‌باشد. گروهی دیگر از محققین نیز کاهش شاخص برداشت را در اثر کمبود آب گزارش کردند و نشان دادند تأثیر نامطلوب خشکی بر عملکرد دانه بیشتر از عملکرد زیست‌توده است (Taylor *et al.*, 2001).

قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*, 2010) در آزمایشی اثر سطوح مختلف اسید هیومیک را بر عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات رشدی ذرت مورد بررسی قرار دادند. تیمارهای ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک، به دلیل شاخص و دوام سطح برگ بالاتر، عملکرد دانه بالاتری را به خود اختصاص دادند. کمترین عملکرد دانه نیز در تیمار شاهد به دست آمد. همچنین بیشترین و کمترین عملکرد زیست‌توده نیز به ترتیب در تیمارهای ۴۵۰۰ گرم در هکتار و شاهد حاصل شد. محلول‌پاشی برگ‌های ارزن با اسید هیومیک، طول ریشه، ارتفاع گیاه، طول خوشه، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، محتوای پروتئین خام و تعداد دانه در پانیکول را افزایش داده و آغشته سازی بذرها با اسید هیومیک وزن هکتولیتر را افزایش داده است (Saruhan *et al.*, 2011).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تنش خشکی تمامی اجزای عملکرد را به صورت معنی‌داری کاهش داد که نتیجه آن کاهش عملکرد دانه و زیست‌توده بود، اگرچه مقدار کاهش در عملکرد دانه بیشتر از زیست‌توده بود. یافته‌های تحقیق نشان دهنده آثار مطلوب‌تر باکتری‌های محرک رشد در مقایسه با اسید هیومیک بر صفات زراعی و عملکردی گندم دوروم به‌ویژه تحت شرایط تنش خشکی بود. باکتری‌های محرک رشد تحت شرایط آبیاری مطلوب اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشتند، ولی تحت تنش خشکی متوسط و شدید آثار ضد تنشی خود را به خوبی نشان دادند و بنابراین می‌توان مصرف آن را در گندم دوروم به‌ویژه تحت شرایط تنش خشکی پیشنهاد کرد.

References

Albayrak, S. and Camas, N. 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.). **Journal of Agronomy** 4 (2): 130-133.

Alkozn, F., Honz, M. and Haby, V. A. 2008. Nitrogen fertilization timing effect on durum wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual soil nitrogen. **Agronomy Journal** 85: 1198-1212.

Alvarez, M. I., Sueldo, R. J. and Barassi, C. A. 2010. Effect of *Azospirillum* on coleoptiles growth in durum wheat seedlings under water stress. **Cereal Research Communication** 24: 101-107.

Astaraei, A. R. and Ivani, R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root media on nutrition of cowpea plant. **American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences** 3: 352-356.

Burd, G. I., Dixon, D. G. and Glick, B. R. 2010. A plant growth-promoting bacterium that decreases nickel toxicity in seedlings. **Applied and Environmental Microbiology** 64: 3663-3668.

Cox, W. J. and Jolliff, G. D. 2007. Growth and yield of durum wheat under soil water deficits. **Agronomy Journal** 78: 226-230.

Demir A. O., Goksoy, A. T., Buyukcangaz, H., Turan, Z. M., Koksal, E. S. 2007. Deficit irrigation of durum wheat (*Triticum durum* L.) in a sub-humid climate. **Irrigation Science** 24 (4): 279-289.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E. and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. **Agronomy Sustainable** 25: 183-191.

www.SID.ir

Archive of SID

Eisa-Salwa, A.I. 2011. Effect of amendments, humic and amino acids on increases soils fertility, yields and seeds quality of peanut and sesame on sandy soils. **Research Journal of Agricultural and Biological Science** 7 (1): 115-125.

El-Hefny, E. M. 2010. Effect of saline irrigation water and humic acid application on growth and productivity of two cultivars of cowpea (*Vigna unguiculata* L.). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences** 4 (12): 6154-6168.

Emtiazi, G. H. 2007. Soil microbiology. Mani Publication, Iran. pp: 79-107. (In Persian).

Esitken, A., Hilal, Y., Ercisli, S., Figen Donmez, M., Tyran, M. and Gunes, A. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. **Scientia Horticulturae** 124: 62-66.

Foroud, N., Mundel, H. H., Saindon, G. and Entz, T. 2008. Effect of level and timing of moisture stress on durum wheat yield, protein, and oil responses. **Field Crops Research** 131: 195-209.

Fredrick, J. R., Camp, C. and R. Bauer. 2011. Crop ecology, production and management: Drought-stress effects on branch and mainstem seed yield and yield components of determinate soybean. **Crop Science** 41: 759-763.

Ghorbani, S., Khazaei, H. R., Kafi, M. and Banayan Aval, M. 2010. Effect of humic acid application in irrigation water on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). **Journal of Ecological Agriculture** 1: 123-131. (In Persian with English Abstract).

Hay, R. and Porter, J. 2006. The physiology of crop yield. Blackwell Publication. 314 p.

Heath, R. L. 1987. The biochemistry of ozone attack on the plasma membrane of plant cells. **Advance in Phytochemistry** 21: 29-54.

Khalilian, S. and Shamsodini, E. 2001. Study of the situation of natural resources enewabling (forest and range) in first and second program development. **Journal of Research and Construction** 52: 19-21. (In Persian with English Abstract).

Kouchaki, A. and Alizadeh, A. 1995. Fundamental of agronomy in drylands. Vol. 1. Astan-e-Ghods-e-Razavi Publication, Iran. 260 p. (In Persian).

Jakoby, M. J., Weinl, C., Pusch, S., Kuijt, S. J. H., Merkle, T., Dissmeyer, N. and Schnittger, A. 2006. Analysis of the subcellular localization, function and proteolytic control of the *Arabidopsis* cyclin-dependent kinase inhibitor ick1/krp1. **Plant Physiology** 141 (4): 1293-1305.

Kapulnik, Y., Gafny, R. and Okon, Y. 2010. Efeect of *Azospirillum spp.* inoculation on root development and NO3 uptake in wheat in hydroponic system. **Canadian Journal of Botany** 63: 627-631.

Kaya, M., Atak, M., Ciftci, C. Y. and Unver, S. 2005. Effects of zinc and humic acid applications on yield and some yield components of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Graduate School and Natural Applied Science** 9 (3): 315-321.

Khaliq, A. 2004. Irrigation and nitrogen management effects on productivity of hybrid durum wheat (*Triticum durum* L.). Ph. D. Dissertation. Faisalabad University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.

Liu, X. L., Gao, Z., Liu, C. S. and Si, L. Z. 1996. Effect of combined application of organic manure and fertilizers on crop yield and soil fertility in a located experiment. **Acta Pedologica Sinica** 33: 138-147.

Nezami, S. 2006. Determination of suitable management method for yield and . M. Sc. Dissertation. Tarbiat Modares University. Tehran, Iran. (In Persian).

Noormohammadi, Gh., Siadat, A. and Kashani, A. 1997. Cereal cultivation. Shahid Chamran University of Ahvaz Press, Ahvaz, Iran. 446 p. (In Persian).

Pang, X. P. and Letey, J. 2009. Organic farming: Challenge of timing nitrogen availability to crop nitrogen reqirements. **Soil Science Society of American Journal** 64: 247-253.

Pannu, R. K., Singh, D. P., Singh, P., Sangwan, V. P. and Chaudhary, B. D. 2005. Effect of moisture stress on growth, partitioning of biomass and harvest index of oilseed brassicas. **Crop Research** 5: 31-43.

Remans, R., Croonenborghs, A. and Gutierez, R. 2010. Effects of plant growth prompting rhizobacteria on nodulation of *Phseolus vulgaris* L. are dependent on plant P nutrition. **Europian Journal of Plant Pathology** 119: 341-351.

Ribas-Carbo, M., Taylor, N. L., Giles, L., Busquets, S., Finnegan, P. M., Day, D. A., Lambers, H., Medrano, H., Berry, J. A. and Flexas, J. 2005. Effects of water stress on respiration in soybean leaves. **Plant Physiology** 139: 466-473.

www.SID.ir

Archive of SID

Samavat, S. and Malakuti, M. 2005. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality of agriculture productions. **Water and Soil Researche** 463: 1-13.

Saruhan, V., Kusvuran, A. and Babat, S. 2011. The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). **Science Research Essays** 6 (3): 663-669.

Sebahattin, A. and 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.

Sharma, A. K. 2006. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios. India. 407 p.

Sifola, M. I. and Barbieri, G. 2006. Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil under different levels of nitrogen in the field. **Scientic Horticulturae** 108: 408-413.

Sinclair, T. R., Bennett, J. M. and Muchow, R. C. 1990. Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. **Crop Science** 30: 690-693.

Stancheva, I. and Dinev, N. 2003. Effect of inoculation of maize and species of tribe Triticeae with *Azospirillum brasilense*. **Journal of Plant Physiology** 4: 550-552.

Taylor, A. J., Smith, C. J. and Wilson, I. B. 1991. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola. **Fertilizer Research** 29: 249-260.

Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil** 255: 571-586.

Zahir, A. Z., Arshad, M. and Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth rhizobacteria: Application and perspective. **Advances in Agronomy** 81: 97-168.

www.SID.ir

Archive of SID

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 6, No. 1, Spring 2016 (105-117)

Effects of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) on yield and yield components of durum wheat under drought stress condition in Shahr-e-Rey region

Alireza Pazoki[1*]

Received: July 5, 2015 Accepted: May 16, 2016

Abstract

To study the effects of drought stress, plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and humic acid on yield and yield components of durum wheat, an experiment was conducted at research field of Islamic Azad University, Yadegar-e-Imam Khomeini, Shahr-e-Rey, Iran, in 2011-2012 growth season. The experiment was carried out as split-plot factorial in randomized complete block design with four replications. The experimental factors were irrigation regimes in three levels (irrigation after 80, 120 and 160 mm evaporation from class A evaporation pan) in main plots and humic acid and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR, *Azospirillum* and *Azotobacter pseudomonas*) both in two levels, (application and non-application) as factorial in sub-plots. The results indicated that apart from the effect of humic acid on grain number and biological yield, the main effect of other factors were significant on all evaluated traits. In this case, decreasing irrigation interval to 80 mm, increased grain yield to 3655.37 kg/ha and application of PGPR increased grain and biological yield (9.4% and 4.6% respectively). The application of humic acid also increased grain yield (6.9%) compared to non-application. Among the interaction effects, only the irrigation × PGPRs were significant on peduncle length and number of spikes per m^2. In this circumstance, irrigation after 80 mm evaporation from class A evaporation pan under both inoculated and non-inoculated grains by PGPRs showed the highest amounts of mentioned traits than control. The findings of this research showed that the positive effect of PGPRs on most studied traits was more than humic acid.

Keywords: *Azospirillum*, *Azotobacter pseudomonas*, Irrigation regimes, Organic fertilizer

1. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Yadegar-e-Imam Khomeini(RAH) Shahr-e-Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
* Corresponding author: pazoki_agri@yahoo.com

www.SID.ir