

تأثیر قارچ‌ریشه و ترکیب‌های هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط کم آبیاری

مهدی عبادی^۱، ناصر مجنون حسینی^{۲*} و محمدرضا چایی‌چی^۳

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادن، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۳ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۸/۲۰)

چکیده

به منظور بررسی تأثیر قارچ‌ریشه (میکوریزا) و ترکیب‌های هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط کم آبیاری، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه آموزشی-پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران (کرج) در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ اجرا شد. شرایط کم آبیاری به عنوان عامل اصلی در سه سطح شامل آبیاری عادی (هر هفت روز دور آبیاری)، تنش خفیف خشکی (هر ده روز دور آبیاری) و تنش شدید خشکی (هر چهارده روز دور آبیاری) بود. تیمارهای کودی به عنوان عامل فرعی در شش سطح شامل ۱- بدون کاربرد کود (شاهد)؛ ۲- کاربرد ۵۰ درصد کود فسفوری بنا بر نتیجه آزمون خاک؛ ۳- کاربرد ۱۰۰ درصد کود فسفوری بنا بر نتیجه آزمون خاک؛ ۴- کاربرد ۵۰ درصد کود فسفوری به همراه قارچ‌ریشه؛ ۵- کاربرد ۵۰ درصد کود فسفوری به همراه ترکیب‌های هیومیک؛ ۶- کاربرد ۵۰ درصد کود فسفوری به همراه قارچ‌ریشه + ترکیب‌های هیومیک اجرا شد. نتایج نشان داد که تنش کم آبیاری به طور معنی‌داری سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شد، اعمال تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری بر صفات عملکرد دانه ذرت، عملکرد زیست‌توده (بیولوژیک)، ارتفاع بوته، پروتئین دانه، نیتروژن و فسفر دانه داشتند اما بر صفات وزن هزاردانه و شاخص برداشت اثر معنی‌داری نداشتند. مقایسه میانگین تیمارها برای صفات مختلف نشان داد که بیشترین تغییرات نسبت به شاهد در تیمار کاربرد ۵۰ درصد کود فسفوری به همراه قارچ‌ریشه + ترکیب‌های هیومیک به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ترکیب‌های هیومیک، ذرت، قارچ‌ریشه، عملکرد و اجزاء عملکرد.

مقدمه

اقلیم خشک و نیمه‌خشک، اغلب مناطق ایران را تحت تأثیر قرار داده، به‌ویژه خشکسالی‌های اخیر بر چالش کم‌آبی افزوده است. بر این پایه، تنش خشکی به عنوان یکی از چالش‌های تولید گیاهان زراعی در کشور و دیگر مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان شناخته شده است. Siadat (2008) گزارش کردند کشور ما در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان واقع شده است، میانگین بارش ایران

حدود ۲۴۰ میلی‌متر و میانگین بارش جهان ۸۶۰ میلی‌متر است، که با میانگین کشور خیلی تفاوت دارد و این قیاس خود مبین دشواری مقایسه این میانگین بارش با میانگین بارش جهان است.

هر گیاه زراعی برای رشد و تولید عملکرد مطلوب در شرایط گلخانه‌ای به‌طور اخص کمترین نیاز آبی را دارد، و در صورتی که این کمترین نیاز آبی بنا به دلایلی فراهم نشود، گیاه با تنش خشکی روبه‌رو می‌شود و در

سه مرحله رشدی پیش از ابریشم‌دهی، طی ابریشم‌دهی و در دوره پر شدن دانه بررسی و گزارش کردند که رخداد تنش خشکی در هر سه مرحله رشدی موجب کاهش شایان توجه عملکرد دانه شد و به ترتیب عملکرد دانه ۱۲/۵، ۴۲ و ۲۲/۵ درصد کاهش داشت. نتایج این تحقیق نشان داد که مرحله ابریشم‌دهی، حساس‌ترین مرحله رشدی به تنش آبی است و باید از رخداد تنش در این مرحله پرهیز شود تا عملکرد دانه کاهش زیادی پیدا نکند.

تحقیقات چندی گویای آن است که قارچ‌ریشه (میکوریزا) می‌تواند اثرگذاری‌های نامطلوب تنش خشکی در گیاهان را تعدیل کند (Barea, 1992). در بررسی Amerian *et al.* (2001) مشاهده شد که کلونیزاسیون قارچ‌ریشه آریسکولار بر روابط آب گیاه، نورساخت (فتوسنتز) و رشد گیاه ذرت در مرحله پس از گلدهی در شرایط تنش رطوبتی تأثیر می‌گذارد، و با تأخیر در پیری برگ و همچنین افزایش دسترسی به مواد غذایی و انتقال مواد نورساختی از منبع به مخزن در طی دوره تشکیل بلال و نمو دانه باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. مهم‌ترین و معتبرترین تأثیر رابطه همزیستی قارچ‌ریشه آریسکولار افزایش جذب عناصر کانی و به‌ویژه فسفر در گیاهان است. این تأثیر به‌ویژه در اراضی که فسفر محلول خاک کم بوده یا در اثر خشکی ضریب پخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش می‌یابد مشهودتر بود. همزیستی قارچ‌ریشه‌ای افزون بر افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود رشد و عملکرد گیاه، مقاومت گیاه میزبان را به شرایط خشکی نیز افزایش می‌دهد. افزایش مقاومت گیاه به خشکی بر پایه باور عده‌ای از محققان به دلیل افزایش جذب فسفر توسط گیاه در خاک‌هایی است که میزان فسفر قابل‌دسترس خاک کم باشد (Kapoor *et al.*, 2004).

ترکیب‌های هیومیک رشد و جمعیت بسیاری از ریزجانداران (میکروارگانسیم‌های) سودمند خاک را با تحریک کردن فعالیت آنزیم‌ها افزایش می‌دهند (Burkowska & Donderski, 2007) که با تحریک فعالیت میکروبی جذب عناصر کانی افزایش می‌یابد.

با توجه به مطالب بالا قارچ‌ریشه و ترکیب‌های هیومیک می‌توانند نقش مهمی را برای استفاده بهینه

صورت همزمانی تنش خشکی با مراحل حساس رشدی آسیب و زیان‌های جبران‌ناپذیری به آن وارد می‌شود (Yazdani *et al.*, 2007). ایجاد تنش در مرحله یا مراحل خاصی از رشد گیاه، بدون کاهش عملکرد از نقطه‌نظر صرفه‌جویی در آب آبیاری برای مناطق خشک و نیمه‌خشک موردتوجه عده‌ای از محققان بوده است (Paknejad *et al.*, 2009).

تنش آبی یکی از مهم‌ترین عامل‌های محدودکننده در طی مراحل بحرانی رشد و استقرار گیاه است، و دیده شده که موجب کاهش طول ساقه می‌شود. کمبود آب، شمار برگ در گیاه، اندازه هر برگ و طول عمر برگ را به‌وسیله کاهش پتانسیل آب خاک کاهش می‌دهد (هونگ، ۲۰۰۸). در گیاه ذرت، دیده شده که تنش آبی در مرحله رشد رویشی، تقسیم یاخته‌ای و گسترش آن را محدود می‌کند و طول ساقه و سطح برگ را کاهش می‌دهد (Song *et al.*, 2007).

عملکرد دانه و اجزاء عملکرد مانند شمار دانه، اندازه دانه و... به‌طور شدیدی با کمبود آب تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Hong *et al.*, 2008). Saleem *et al.* (2007) مشاهده کردند، یک ارتباط قوی بین عملکرد دانه گیاه، ارتفاع بوته و زیست‌توده (بیوماس) گیاه در شرایط تنش خشکی وجود دارد. Abo-El-Kheir *et al.* (2007) گزارش کردند رخداد تنش آبی در مراحل کلانه‌دهی و پر شدن دانه باعث کاهش شایان توجهی در فراسنجه (پارامتر)‌های رشدی و عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت می‌شود و عملکرد دانه به ترتیب ۲۷/۹ و ۳۵/۵ درصد کاهش پیدا کرد.

Efeoglu *et al.* (2009) در آزمایشی روی سه رقم ذرت در شرایط تنش خشکی گزارش دادند، با اعمال تنش خشکی رشد و نمو همه رقم‌های ذرت کاسته شدند و عملکرد زیست‌توده تر و خشک نیز به‌طور شایان توجهی در همه رقم‌ها کاهش یافت. Bismillah Khan *et al.* (2001) بیان کردند در شرایط تنش آبی ارتفاع بوته، قطر ساقه و سطح برگ کاهش پیدا کرد. همچنین، اجزاء عملکرد مانند شمار دانه در بلال، وزن هزاردانه و عملکرد دانه کاهش پیدا کرده و بیشینه عملکرد دانه در شرایط بدون تنش به دست آمد. Ghooshchi *et al.* (2008) تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه ذرت (رقم ۳۰۱) را در

برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر در هفت نقطه به‌طور تصادفی نمونه‌هایی از خاک برداشت شد و سپس نمونه‌ها با هم مخلوط شدند و به یک نمونه تبدیل شد و به مجتمع آزمایشگاهی پارس منتقل و ویژگی‌های آن به شرح جدول ۱ تعیین شد.

این تحقیق در زمینی به مساحت ۲۷۰۰ مترمربع با کشت ذرت سینگل کراس ۷۰۴ به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و با بررسی سطوح مختلف آبیاری همراه با کودهای زیستی و آلی اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سطوح مختلف آبیاری در سه سطح و کرت‌های فرعی شامل تیمارهای کودی در شش سطح بود. در هر تکرار آزمایش، هجده کرت و در هر کرت چهار خط کاشت و در فاصله دو کرت دو خط کاشت نشد. فاصله خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر، طول خطوط ۵ متر و فاصله بین دو تکرار ۳/۵ متر در نظر گرفته شد، که در آن دو جوی هرز آب ایجاد شد. برای جلوگیری از تأثیر کرت‌های مختلف بر یکدیگر و آسانی عملیات اجرایی در دو طرف هر کرت قسمت حاشیه به عرض ۱ متر در نظر گرفته شد تا عملیات آبیاری هر واحد آزمایشی به‌طور جداگانه صورت گیرد.

از سموم، کودهای شیمیایی و همچنین حرکت به سمت کشاورزی پایدار و نیز افزایش مقاومت به کم آبیاری در گیاه ایفا کنند. لذا این بررسی با هدف تأثیر قارچ‌ریشه و ترکیب‌های هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط کم آبیاری انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی - آموزشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در دولت‌آباد کرج با موقعیت عرض جغرافیایی ۳۵ درجه شرقی و ۴۷ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه شرقی با ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا در دهه اول خردادماه سال ۱۳۹۰ اجرا شد. بر پایه آمار آب و هوایی و بنا بر منحنی آمبروترمیک منطقه موردنظر به دلیل احراز ۱۱۵ تا ۱۸۰ و گاهی ۲۰۰ روز خشک جز مناطق نیمه‌خشک به‌شمار می‌آید. میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۲۴۵-۲۴۰ میلی‌متر بوده که بارش به‌طور عمده در زمستان و اوایل بهار رخ می‌دهد. میانگین بیشترین دمای سالیانه در تیرماه ۲۶/۱ درجه سلسیوس و میانگین کمینه آن در دی‌ماه ۱/۲ درجه سلسیوس گزارش شده است.

جدول ۱. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Physical and chemical analysis of soil

CU (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	(EC) ds/m	pH	(%TNV)	(%O.M)	(%N)	(ppm)	(ppm)	Sand %	Silt %	Clay %	Texture
1.48	8.75	0.62	4	1.33	7.41	6.4	1.64	0.16	123.4	5.25	31	46	23	Loam

۴. کاربرد کود فسفر بر پایه ۵۰ درصد آزمون خاک توصیه‌شده + قارچ‌ریشه (فسفر ۵۰درصد+ قارچ‌ریشه)

۵. کاربرد کود فسفر بر پایه ۵۰درصد آزمون خاک+ ترکیب‌های هیومیک (فسفر ۵۰درصد+ ترکیب‌های هیومیک)

۶. کاربرد کود فسفر ۵۰درصد آزمون خاک+ ترکیب‌های هیومیک + قارچ‌ریشه (فسفر ۵۰درصد+ میکوریز+ ترکیب‌های هیومیک)

تهیه زمین و عملیات شخم با گاواهن در پاییز سال ۱۳۸۹ انجام شد، عملیات خاک‌ورزی ثانویه شامل شخم متوسط و دیسک زدن در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۰

تیمارهای سطوح آبیاری (A)

۱. آبیاری هر هفت روز یک‌بار (آبیاری عادی)
۲. آبیاری هر ده روز یک‌بار (تنش خفیف)
۳. آبیاری هر چهارده روز یک‌بار (تنش شدید)

تیمارهای کودی (B)

۱. بدون کاربرد کود فسفر (شاهد)
۲. کاربرد کود فسفر بر پایه ۵۰ درصد آزمون خاک توصیه‌شده (فسفات آمونیوم ۲۲۵ کیلوگرم/هکتار)
۳. کاربرد کود فسفر بر پایه ۱۰۰ درصد آزمون خاک توصیه‌شده (فسفات آمونیوم ۴۵۰ کیلوگرم/هکتار)

انجام شد. همه کود فسفوری بر پایه آزمون خاک پیش از کشت (از منبع فسفات آمونیوم به میزان ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) و در تیمار خاص کودی به صورت نواری به هنگام کاشت به زمین داده شد. جوی و پشته‌ها به فاصله ۵۰ سانتی‌متر توسط فاروئر ایجاد شد و پس از آن آبراهه‌های اصلی و فرعی زهکشی توسط نه‌رکن ایجاد شد. عملیات کاشت بذر در تاریخ ۱۳۹۰/۰۳/۰۳ به صورت دستی و در شیاریایی به عمق ۴-۵ سانتی‌متر به صورت ردیفی با فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر انجام گرفت. که تراکم به دست آمده صد هزار بوته در هکتار تخمین زده شد. بذر ذرت مورد استفاده سینگل کراس ۷۰۴ که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تأمین شد.

مرحله اعمال تنش پس از استقرار کامل بوته در مرحله آغازین شش برگی صورت گرفت و فاصله آبیاری به صورت آبیاری عادی (هر هفت روز یکبار)، تنش خفیف (هر ده روز یکبار) و تنش شدید (هر چهارده روز یکبار) تعیین شد. کود فسفر بنا بر آزمون خاک و بر پایه تیمارهای مورد نظر به میزان ۵۰ درصد (۲۲۵ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰۰ درصد (۴۵۰ کیلوگرم در هکتار) آزمون خاک از منبع فسفات آمونیوم ($P_2O_5=46\%$, $N=18\%$) به صورت نواری در عمق ۵-۷ سانتی‌متری در اطراف بذر قرار گرفت. قارچ ریشه گونه *Glomus mosseae* در تیمار یاد شده به صورت تلقیح با بذر به کار برده شد.

از سطح زمین تا انتهای گل‌آذین نر اندازه‌گیری و میانگین ده بوته بر حسب سانتی‌متر ثبت شد. برای محاسبه عملکرد زیستی (بیولوژیک) و عملکرد دانه در هر کرت از خط میانی پس از حذف ۰/۵ متر از آغاز و انتها پنج بوته به طور تصادفی نمونه برداری شد و در آن به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس خشک و عملکرد زیستی محاسبه شد و در نهایت بنا بر تراکم موجود به واحد کیلوگرم در هکتار تعیین داده شد. برای تعیین عملکرد از پنج بوته مورد نظر دانه‌ها از چوب بلال جدا شدند و سپس عملکرد هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. وزن هزار دانه از نمونه‌های برداشت شده به طور تصادفی میانگین وزن دانه تعیین شد. شاخص برداشت، پس از محاسبه عملکرد دانه و تعیین وزن کل ماده خشک یا عملکرد زیستی، بر پایه فرمول زیر محاسبه شد.

$$\text{عملکرد اقتصادی} \times 100 = \frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times \text{شاخص برداشت}$$

برای تجزیه داده‌ها، در آغاز عادی (نرمال) بودن همه داده‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C آزمون شد و تجزیه واریانس به کمک نرم‌افزار SAS 9 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها بر پایه آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس جدول (۳) نشان داد که بین تیمار سطوح تنش کم آبیاری و تیمار کودی در سطح احتمال ۱ درصد در صفت عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود دارد ولی اثر متقابل آبیاری \times کود معنی‌دار نشد. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری (جدول ۴) نشان می‌دهد در شرایط آبیاری عادی عملکرد دانه بیشتر از شرایط تنش خشکی است. Bismillah Khan *et al.* (2001) و Majidian *et al.* (2008) در بررسی‌های خود اظهار داشتند که تحت تأثیر تنش آبی عملکرد دانه ذرت کاهش پیدا می‌کند. برخی پژوهشگران علت‌های کاهش عملکرد دانه ذرت در اثر تنش خشکی در مراحل زایشی

اسید هیومیک با نام تجاری ثبت شده هیومکس با گواهی تجزیه و تحلیل جدول (۱-۳) استفاده شد. میزان کاربرد اسید هیومیک به میزان ۳۰ لیتر در هکتار در طول سه مرحله ۶-۸ برگی، ۱۰-۱۲ برگی و ظهور گل‌آذین نر به همراه آب آبیاری به کار برده شد.

جدول ۲. مشخصات ترکیب هیومیک مورد استفاده در آزمایش

Brand	Humic acid	Fulic Acid	Potassium oxide
Humax-L	12.2%	3%	3%

برای محاسبه ارتفاع گیاه پیش از برداشت از خط میانی هر کرت پس از حذف ۰/۵ متر از آغاز و انتها، ده بوته به طور تصادفی نمونه برداشت شد و ارتفاع گیاه

هیومیک از راه افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و در نتیجه آن عملکرد زیست‌توده می‌شود. در بررسی دیگری، کاربرد اسید هیومیک در محلول غذایی موجب افزایش محتوای نیتروژن در اندام هوایی و رشد شاخساره و ریشه در ذرت شد (Tan, 2003).

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین تیمار سطوح تنش کم‌آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد در صفت وزن هزاردانه اختلاف معنی‌دار وجود دارد ولی بین سطوح تیمار کودی و اثر متقابل آبیاری × کود معنی‌داری مشاهده نشد. تنش رطوبتی موجب کاهش وزن هزاردانه شد. نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد (جدول ۴) در شرایط آبیاری عادی وزن هزاردانه بیشتر از شرایط تنش کم آبیاری است. تنش خشکی اعمال شده به‌طور معنی‌داری سبب کاهش وزن هزاردانه و کمترین آن در تنش شدید مشاهده شد.

در مورد نتایج به‌دست‌آمده می‌توان اشاره کرد که وزن هزاردانه بیشتر تحت تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی قرار دارد و کمتر تحت تأثیر عامل‌های محیطی قرار می‌گیرد. چگونگی تأثیر تنش خشکی بر وزن هزاردانه بستگی به شدت تنش خشکی زمان رخداد تنش دارد تأثیر کمبود آب در این مرحله موجب کاهش نورساخت جاری گیاه، کاهش میزان مواد پرورده و در نتیجه چروکیدگی دانه‌های ذرت خواهد شد، افزون بر این کوتاه شدن دوره رشد دانه و در نتیجه زودرسی در اثر تنش خشکی، که توسط برخی پژوهشگران (Debaeke & Aboudrare, 2004) مشاهده شده است؛ یکی دیگر از علت‌های احتمالی کاهش وزن هزاردانه در تیمارهای اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه است (Cakir, 2004). (Pessaraki, 2001) گزارش کرد که تنش خشکی با تحت تأثیر قرار دادن درجه باز شدن روزنه‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش داده و از این راه به‌طور مستقیم موجب کاهش وزن هزاردانه و ظرفیت مقصد فیزیولوژیک شود.

را به کاهش کارایی نورساخت و کوتاه شدن طول دوره رشد نسبت داده‌اند (Debaeke *et al.*, 2004). اسید هیومیک از راه تأثیر مثبت فیزیولوژیکی از جمله تأثیر بر سوخت‌وساز (متابولیسم) یاخته‌های گیاهی و افزایش غلظت سبزینه (کلروفیل) برگ باعث افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (Nardi *et al.*, 2002).

عملکرد زیست‌توده

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین سطوح مختلف تنش کم آبیاری و همچنین بین سطوح مختلف تیمار کودی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. اما اثر متقابل آبیاری × کود بر عملکرد زیست‌توده معنی‌دار نشد. در شرایط آبیاری عادی (جدول ۴) بوته‌ها وزن خشک بالاتری نسبت به شرایط تنش کم آبیاری دارد که نشان می‌دهند در شرایط تنش احتمال دارد به علت کاهش کارایی نورساختی برگ‌ها و تولید کمتر اسیمیلاتی پیش از رسیدن فیزیولوژیک ماده خشک کمتری تولید شود و این نتیجه با نتایج (Efeoglu *et al.*, 2009) و Zare *et al.* (2014) روی ذرت همخوانی دارد.

همچنین مقایسه میانگین بین تیمارهای کودی (جدول ۴) نشان داد که تیمار فسفر ۵۰ درصد و تلفیق میکوریزو ترکیب‌های هیومیک با ۲۲/۸ درصد بیشترین میزان عملکرد زیست‌توده را نسبت تیمار شاهد را به خود اختصاص داد. (Song *et al.*, 2007) نیز اظهار داشتند، با افزایش میزان کاربرد فسفر رشد گیاه تحت تأثیر قرار گرفته، شاخص سطح برگ و نورساخت گیاه افزایش یافته و در نهایت موجب افزایش عملکرد شد. Amirabadi *et al.* (2009) گزارش دادند کاربرد قارچ‌ریشه به همراه مقادیر کم کود فسفوری نسبت به افزایش کاربرد تنهایی کود فسفوری موجب افزایش عملکرد ماده خشک در گیاه ذرت شد. در این آزمایش تیمار ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تربیل به همراه قارچ‌ریشه جزء بهترین تیمارهای آزمایشی بود. نتایج تحقیقات Alizade (2005) نشان داد به‌طور کلی نتیجه پاسخ رشد قارچ‌ریشه‌ای به افزایش شدت تنش خشکی مثبت بوده و نسبت ریشه به اندام هوایی در تیمار قارچ‌ریشه نسبت به شاهد تحت تنش خشکی بیشتر است.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس جدول (۳) نشان داد که بین تیمار سطوح تنش کم آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد در صفت شاخص برداشت اختلاف معنی دار وجود دارد ولی بین سطوح تیمار کودی و اثر متقابل آبیاری × کود معنی دار نشد. بیشترین شاخص برداشت در شرایط آبیاری عادی و تنش خفیف و کمترین شاخص برداشت در شرایط تنش شدید به دست آمد (جدول ۴). به نظر می رسد که کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش شدید بر اثر تشکیل نشدن شمار دانه در بلال در مرحله لقاح و نیز کاهش انتقال کربوهیدرات به دانه باشد، در نهایت منجر به تولید دانه کمتری می شود. علت احتمالی کاهش وزن هزاردانه در تنش شدید را می توان مرتبط با حساسیت گیاه ذرت در مرحله بحرانی گلدهی دانست (Cakir, 2004).

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ نشان داد که بین تیمار سطوح آبیاری و همچنین بین تیمار کودی اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت در حالی که اثر متقابل آبیاری × کود روی این صفت معنی دار نشد. مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته در سطوح آبیاری عادی و تنش خفیف به ترتیب با میزان ۲۰۱ و ۱۹۶ سانتی متر در یک گروه آماری و کمترین میزان نیز مربوط به تنش شدید با میزان ۱۷۵ سانتی متر به دست آمد. Paksoy et al. (2005) و Türkmen et al. (2010) گزارش کردند کاربرد اسید هومیک اثری مثبت بر فراسنجه های رشد و عملکرد گیاه در شرایط شوری گذاشته و مواد موجود در خاک را تحت تأثیر

قرار داده و از راه ایجاد حالت های پیچیده و یا عامل های واکنشی ماده هومیک با کاتیون های فلزی، حلالیت بسیاری از عناصر غذایی را افزایش داده که این تغییرها تأثیر مثبتی بر طول یا ارتفاع گیاه دارد. همچنین این نتایج با نتایج (Ouni et al., 2014) نیز همخوانی دارد.

مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۴) نشان داد تیمار فسفر ۵۰ درصد تلفیق با ترکیب های هیومیک و قارچ ریشه و تیمار فسفر ۵۰ درصد به همراه قارچ ریشه با بیشترین ارتفاع به ترتیب با ۲۰۱ و ۲۰۰ سانتی متر در یک گروه آماری قرار گرفتند و تیمار شاهد با ۱۸۱ سانتی متر کمترین میزان را به دست آورد. اسید هیومیک از راه تأثیر هورمونی و با تأثیر بر سوخت و ساز یاخته های گیاهی و همچنین با توان کلات کنندگی و افزایش جذب عناصر غذایی سبب افزایش رشد و ارتفاع گیاه می شود (Nardi et al., 2002). Ghorbani et al. (2010) گزارش کردند کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک روی ذرت تأثیر معنی داری در ارتفاع گیاه گذاشت.

محتوای نسبی آب برگ: نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین تیمار سطوح آبیاری در سطح احتمال ۱ درصد در محتوای آب نسبی برگ اختلاف معنی دار وجود دارد ولی بین سطوح تیمار کودی و اثر متقابل آبیاری × کود معنی دار نشد. در شرایط آبیاری عادی محتوای نسبی آب برگ بیشتر از شرایط تنش کم آبیاری بود (جدول ۴). محتوای نسبی آب برگ بالاتر به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتری آب در شرایط تنش است (Zare et al., 2014). در محتوای آب نسبی برگ کمتر از ۳۰ درصد به غشای کلروپلاست آسیب وارد می شود و آسیب و زیان غیرقابل برگشت است (Kafi et al., 2009).

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ذرت تحت تأثیر تیمارهای کودی و تنش کم آبیاری

Table 3. Analysis of variance of maize under the influence of fertilizers and deficit irrigation

S.O.V	df	Grain yield	Biological yield	HI	1000 Grain weight	Height	RWC	Grain protein	Grain nitrogen	Grain phosphorus
Rep	3	208880.4	65204	20.01	1024.31	57.34	10.97	2.34	0.06	0.0004
Deficit irrigation	2	86791803.9**	16012095**	692.27**	38331.34**	4529.43**	5436.92**	145.36**	3.709**	0.025**
Error	6	56793.7	2095996	27.7	146.77	111.48	24.4	2.284	0.058	0.001
Fertilizer treatment	5	2398609.7**	17743771**	4.7 ^{ns}	389.05 ^{ns}	766.34**	3.69 ^{ns}	3.96*	0.101*	0.005**
irrigation×Fertilizer treatment	10	110860.4 ^{ns}	988203 ^{ns}	3.36 ^{ns}	90.09 ^{ns}	18.83 ^{ns}	1.96 ^{ns}	1.38 ^{ns}	0.035 ^{ns}	0.00008 ^{ns}
Error	45	242224.9	16012095	3.79	297.32	53.12	12.94	1.444	0.036	0.0008
CV (%)		11.77	13.62	20.91	6.84	3.79	5.18	12.82	12.82	14.85

n.s., *, **: non-significant and significant t at the 5% and 1%.

n.s., *, **: غیر معنی دار و معنی داری در سطوح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

۵درصد معنی‌دار شد ولی در اثر متقابل آبیاری × کود اختلاف معنی‌داری دیده نشد.

نتایج مقایسه میانگین سطوح آبیاری نشان داد که با اعمال تنش کم آبیاری میزان پروتئین و در نتیجه نیتروژن دانه افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین و کمترین درصد پروتئین و نیتروژن دانه به ترتیب در تیمار تنش شدید خشکی و تیمار آبیاری عادی مشاهده شد. می‌توان گفت که عملکرد کل پروتئین و نیتروژن با بهبود شرایط آبیاری و در نتیجه افزایش عملکرد، افزایش می‌یابد اما نامساعد شدن شرایط آبیاری میزان پروتئین و نیتروژن را در واحد سطح افزایش داده ولی با کاهش کلی میزان عملکرد گیاه، عملکرد کل پروتئین و نیتروژن نیز کاسته می‌شود.

در آزمایش انجام‌شده توسط Aliabadi Farahani (2008) روی گندم مشاهده شد که در سطوح مختلف فسفر و کاربرد قارچ‌ریشه تفاوت معنی‌داری در میزان محتوای نسبی آب برگ مشاهده نشد ولی بین شرایط آبیاری عادی و تنش میزان محتوای نسبی آب برگ به‌طور شایان توجهی تغییر کرد.

پروتئین و نیتروژن دانه

با توجه به اینکه پروتئین و نیتروژن دانه از یک روند همسان پیروی می‌کند. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) برای دو صفت پروتئین و نیتروژن دانه نشان داد که سطوح تنش کم آبیاری در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار و بین سطوح تیمار کودی در سطح

جدول ۴. مقایسه میانگین‌های تأثیر تنش کم آبیاری و تیمارهای کودی بر صفات موردبررسی ذرت

Table 4. comparison of the effect of deficit irrigation and fertilizer treatments on traits of corn

	Grain yield (Kg/ha)	Biological yield (Kg/ha)	1000 Grain weight (gr)	Height (%)	Height (cm)	RWC (%)	Grain Protein (%)	Grain Nitrogen (%)	Grain Phosphorus (%)
Deficit irrigation treatments									
Irrigation Normal	5600.13a	17670.8a	288.54a	32.15a	201.87a	81.63a	6.77c	1.085c	0.218a
Slight stress	4919.88b	15094.6b	258.20b	32.9a	197.41a	73.79b	9.66b	1.546b	0.202a
Intensive stress	2019.33c	8778.2c	209.33c	23.25b	176.16b	52.11c	11.67a	1.867a	0.155b
level of Fertilizer treatment									
witness	3484d	11888.5c	244.08b	28.52a	181.91c	68.99a	8.619c	1.379c	0.155b
Phosphorus 50%	3968c	13199.5bc	249.75ab	29.45b	186.25c	70.57a	9.06bc	1.450bc	0.187a
Phosphorus 100%	4275.8bc	14147.5ab	252.58ab	29.18a	187.41c	69.35a	9.334abc	1.478abc	0.205a
Phosphorus 50% + mycorrhiza	4472.4ab	14609.8ab	255.25ab	30.14a	200.16a	68.35a	9.719ab	1.555ab	0.202a
Phosphorus 50% + Humic Compounds	4092.8bc	1382.8ab	249.66ab	28.76a	193.41b	69.23a	9.292abc	1.488abc	0.189a
Phosphorus 50% + Humic Compounds+ mycorrhiza	4786.3a	15417.3a	260.83a	30.54a	201.75a	70.05a	10.289a	1.647a	0.212a

پر شدن غلاف به‌واسطه کاهش طول دوره پر شدن دانه، کاهش نورساخت خالص و در پی آن تکمیل نشدن وزن بالقوه دانه که به‌طور عمده ناشی از کاهش نشاسته است، نسبت پروتئین به نشاسته در دانه افزایش و در واقع درصد پروتئین در دانه افزایش یابد. نتایج مقایسه میانگین تیمارهای سطوح کودی (جدول ۴) نشان داد که بیشترین و کمترین پروتئین و در نتیجه نیتروژن دانه به ترتیب در تیمار فسفر ۵۰درصد و تلفیق قارچ‌ریشه و ترکیب‌های هیومیک و تیمار شاهد به دست آمد.

Sajedi & Rejali (2011) گزارش کردند میزان غلظت همه عناصر غذایی کم‌مصرف (میکرو) و درصد پروتئین دانه با تلفیق قارچ‌ریشه تحت تنش خشکی

سازوکارهای جذب و انتقال عناصر غذایی در گیاهان، تابعی از میزان رطوبت در خاک و ریشه است، لذا در صورت کاهش رطوبت، شدت و میزان جذب عناصر غذایی دستخوش تغییر و تحول می‌شود (Troehza Loyanchan, 2003). می‌توان گفت که افزایش درصد پروتئین و دانه در شرایط تنش خشکی به‌طور عمده مربوط به افزایش نسبت پروتئین به نشاسته در دانه باشد. نتایج آزمایش Jalilian *et al.* (2005) بر نخود نیز مؤید این مطلب بود. آنان نتیجه گرفتند که در شرایط تنش در نتیجه کاهش سهم نشاسته در دانه درصد پروتئین افزایش می‌یابد و افزایش مطلق در میزان پروتئین را گزارش نکرد. احتمال دارد در شرایط تنش خشکی به‌ویژه در مرحله

در همه تیمارها به‌غیراز شاهد را، به نقش و اهمیت این عنصر در گیاه مربوط دانست.

Sajedi & Rejali (2011) بیان کردند که تأثیر قارچ‌ریشه بر میزان جذب نیتروژن و فسفر دانه، در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار ولی بر میزان جذب پتاسیم، غیر معنی‌داری بود، کاربرد قارچ‌ریشه میزان جذب نیتروژن و فسفر دانه را به ترتیب ۱۰ و ۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین میزان جذب فسفر از تیمار کاربرد قارچ‌ریشه و بدون کاربرد روی به دست آمد که دلیل آن می‌تواند افزایش سطح جذب ریشه به دلیل توسعه میسلیوم‌های خارجی قارچ‌ریشه در خاک یا احتمال افزایش جذب فسفر به‌وسیله ریشه‌های همزیست با قارچ‌ریشه به دلیل افزایش جذب فسفر در واحد طول ریشه یا تأثیر مسالمت‌آمیز و افزایشی بین میسلیوم‌های خارجی قارچ‌ریشه است که در این حالت فسفر کانی غیرقابل جذب را به فسفر کانی قابل جذب تبدیل می‌کند، باشد.

ممکن است با تحریک فعالیت‌های میکروبیولوژی در خاک جذب عناصر غذایی بهبود یابد (Pettit, 2004) همچنین ترکیب‌های هیومیک روی فسفر محلول و فسفر قابل جذب مؤثر است (Guppy, 2005).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل می‌توان اظهار داشت که قارچ‌ریشه و ترکیب‌های هیومیک می‌توانند موجب آسانگری جذب کودهای شیمیایی فسفوری کم محلول شوند؛ و تأثیر منفی تنش خشکی بر گیاه زراعی ذرت را تا حدودی بهبود می‌بخشند؛ همچنین کاربرد قارچ‌ریشه و ترکیب‌های هیومیک از تأثیر سوء زیست‌محیطی کودهای شیمیایی کاسته و گامی در جهت تولید پایدار بشمار می‌رود.

افزایش یافت. افزون بر فسفر، نیتروژن نیز جزء عناصری است که تحقیقات نشان داده گیاهان قارچ‌ریشه‌ای جذب آن را بالا برده‌اند (Alizade, 2005).

Savov *et al.* (2009) گزارش کردند که اسید هیومیک موجب افزایش پروتئین دانه ذرت شد. Ayas & Gulser (2005) گزارش کردند که اسید هیومیک از راه افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و درپی آن عملکرد زیست‌توده می‌شود.

فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که بین سطوح مختلف تنش کم آبیاری و تیمار کودی اختلاف معنی‌دار بر میزان فسفر دانه در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت. اما اثر متقابل آبیاری × کود بر میزان فسفر دانه معنی‌دار نشد. تنش خشکی شدید (جدول ۴) موجب کاهش میزان فسفر دانه شد. اما درصد فسفر دانه در تیمارهای آبیاری عادی و تنش خشکی خفیف در یک گروه آماری قرار گرفتند و نسبت به تنش خشکی شدید میزان فسفر بیشتری دارند.

تنش خشکی افزون بر تأثیر منفی بر عملکرد باعث بروز یا تشدید دیگر تنش‌ها به‌ویژه تنش کمبود عناصر غذایی در گیاه می‌شود. تنش خشکی باعث اختلال در روند جذب و تجمع عناصر غذایی می‌شود که افزون بر هدررفت کود، باعث کاهش عملکرد دانه و علوفه ذرت می‌شود (Chughan, 2004). نتایج تحقیقات Sajedi & Rejali (2011) نشان داد که با اعمال تنش خشکی میزان جذب نیتروژن، پتاسیم و درصد پروتئین دانه افزایش اما فسفر کاهش یافت. مقایسه میانگین تیمارهای کودی (جدول ۴) نیز نشان داد که میزان فسفر در همه تیمارهای کودی به‌غیراز تیمار شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند. با توجه به نتایج می‌توان افزایش غلظت فسفر

REFERENCES

1. Abo-El-Kheir, M.S.A. & Mekki, B.B. (2007). Response of maize single cross-10 to water deficits during silking and grain filling stages. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(3), 269-272.
2. Aliabadi Farahani, H. Lebaschi, M., Shiranirad, H. & Amir, H. (2008). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi, different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency, relative water content and proline accumulation rate of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Medicinal Plants Research*, 2(6), 125-131.
3. Alizade, A. (2005). *Effect of different nitrogen levels and water stress during different growth stages on physiological characteristics, yield and yield components and nutrient uptake and mycorrhizal Mzsty study on maize*. Ph.D. Thesis, Azad Islamic University, Ahwaz Branch.

4. Amerian, M.R., Stewart, W.S. & Griffiths, H. (2001). Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays* L.). *Annals of Applied Biology*, 63, 73-76.
5. Amirabadi, M., Rajalee, F., Ardekani, M.R. & Borjee, M. (2009). Effect of azotobacter and mycorrhizal fungi inoculants at different levels of phosphorus on uptake of some mineral elements by forage maize. *Soil Research Journal. (Soil & Water Science)*, 23(1), 07-115.
6. Ayas, H. & Gulser, F. (2005). The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. *Journal of Biological Sciences*, 5(6), 801- 804.
7. Bismillah Khan, M., N. Hussain & Lqbal, M. (2001). Effect of water stress on growth and yield components maize variety YHS202. *Journal of Research (Science), Bahaudin Zakariya University, Multan, Pakistan*, 12(1), 15-18.
8. Burkowska, A. & Donderski, W. (2007). Impact of humic substances on bacterioplankton in eutrophic lake. *Polish journal of Ecology*, 55(1), 155-160.
9. Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89, 1-16.
10. Chughan, R. (2004). *Improvement of corn for drought tolerance and nitrogen (theory and practice). Ministry of Jihad Keshavarzi.*
11. Debaeke, P. & Aboudrare, A. (2004). Adaptation of crop management to water-limited environment. *European Journal of Agronomy*, 21, 433-446.
12. Efeoglu, B., Ekmekci, Y. & Cicek, N. (2009). Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. *South African Journal of Botany*, 75, 34-42.
13. Ghooshchi, F., Seilsepour, M. & Jafari, P. (2008). Effects of water stress on yield and some agronomic traits of maize [SC 301]. *American-Eurasian Journal Agriculture & Environment Sciences*, 4(3), 302-305.
14. Ghorbani, S., Khazaei, H., Kafi, M. & Banayan Awal, M. (2010). The effect of humic acid in water irrigation on corn yield and yield components. *Journal of Agricultural Ecology*, 2(1), 123-131.
15. Guppy, C.N., Menzies, N.W., Moody, P.W. & Blamey, F.P.C. (2005). Competitive sorption reactions between phosphorus and organic matter in soil: A review. *Soil Research*, 43, 189-202.
16. Hong-Bo, S., Li-Ye, C., Jaleel, C.A. & Chang-Xing, Z. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Comptes rendus Biologies*, 331, 215-225.
17. Jalilian, J., Modarres Sanavy, S.A.M. & Sabaghpour, S.H. (2005). Effect of plant density and supplemental irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars under dry land condition. *Journal of Agriculture Sciences and Natural Resource*, 12(5). (in Farsi)
18. Kafi, M., Barzoe, A. Salehi, M., Kamandi, A., Masoomi, A. & Nabati, J. (2009). *Environmental stresses on plant physiology. Meshhad Jihad publishing Organization.* (In Farsi)
19. Kapoor, R., Giri, B. & Mukerji, K.G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*, 93(3), 307-311.
20. Mackowiak, C.L., Grossl, P.R. & Bugbee, B.G. (2001). Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science Society of American Journal*, 65, 1744-1750.
21. Majidian, M.A., Ghalavand, A.A., Kamkar Hagigi, W.N. & Karimian, N.A. (2008). Effect of drought stress and nitrogen on chlorophyll, chlorophyll fluorescence and grain yield in maize. *The 10th Agronomy Congress of Iran.*
22. Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 1527-1536.
23. Ouni, Y., Ghnaya, T., Montemurro, F., Abdelly, C.H. & Lakhdar, A. (2014). The role of humic substances in mitigating the harmful effects of soil salinity and improve plant productivity. *International Journal of Plant Production*, 8(3).
24. Paknejad, F., Vazan, S., Golzardi, F. & Habibi, D. (2009). Regression, correlation and path analysis for yield and yield components of maize hybrids 704 under different irrigation methods. *Agronomy Journal*, 5(2), 97-116. (in Farsi)
25. Paksoy, M., Türkmen, Ö. & Dursun, A. (2010). Effects of potassium and humic acid on emergence, growth and nutrient contents of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) seedling under saline soil conditions. *African Journal of Biotechnology*, 9, 5343-5346.
26. Pessaraki, M. (2001). *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Second Edition, Marcel Dekker Inc., New York, 997 p.
27. Pettit, R.E. (2004). Organic matter, humus, humate, humic acid, fulvic acid and humin: their importance in soil fertility and plant health [Online]. Available at www.humate.info/mainpage.htm.
28. Sajedi, N.A. & Rejali, F. (2011). Effects of water stress, the use of mycorrhizal inoculation on the absorption of micronutrients in corn. *Soil Research Journal*, 25(2), 83-92 (In Farsi)

29. Saleem, A.U.R., Saleem, U. & Subhani, G.M. (2007). Correlation and path coefficient analysis in maize (*Zea mays* L.). *Journal Agriculture Research*, 45(3), 177-183.
30. Savov, V., Valchinkova, P., Bratkova, S. & Angelova, G. (2009). Effect of microbial, enzyme and humic substances on mineral nutrition and grain quality of maize hybrids KN 509 and KN M625. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*.
31. Siadat, A. (2008). *Additional Agriculture, class notes*. (In Farsi)
32. Song, Y., Birch, C. & Hanan, J. (2007). Architectural analysis and modeling of maize growth and development under water stress. In *5th International Workshop on Functional Structural Plant Models (FSPM07)*, Napier New Zealand (pp. 04-10).
33. Tan, K.H. (2003). *Humic Matter in Soil and the Environment*. Marcel Dekker, New York.
34. Troehza Loyanchan, T.E. (2003). Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn, soybean and fallow. *Agronomy Journal*, 95(1), 224-230.
35. Türkmen, O., Demir, S., Sensoy, S. & Dursun, A. (2005). Effects of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid on seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. *Journal of Biological Sciences*, 5, 568-574.
36. Yazdani, F., Allahdadi, A., Akbari, G.A. & Bebahani, M.R. (2007). Effects of drought stress and super absorbent (Tarawat A200) on yield and yield components of soybean (*Glycine max*). *Pajouhesh-va-Sazandegi (Agronomy & Horticulture)*, 75(1), 167-174. (In Farsi)
37. Zare, K., Vazin, F. & Hassanzadehdelouei, M. (2014). Effects of Potassium and iron on yield of corn (*Zea mays* L.) in drought stress. *Cercetări Agronomice în Moldova*, XLVII (1), 157.

Effect of mycorrhiza fungi and humic substances on yield and yield components of corn (*Zea mays* L. var. s.c. 704) under limited irrigation condition

Mahdi Ebadi¹, Nasser Majnoun Hosseini^{2*} and Mohammad Reza Chaichi²

1, 2. Former M.Sc. Student and Professors of University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: May 24, 2015 - Accepted: Nov. 11, 2015)

ABSTRACT

To study the effects of mycorrhiza fungi and humic substances on yield and yield components of corn (*Zea mays* L. var. s.c. 704) under limited irrigation condition, an experiment was conducted in split plot arrangement based on RCBD in four replications at the research farm of University of Tehran (Karaj-Iran) in 2011. The main factor consisted of three irrigation levels i.e. normal (irrigation every 7days); mild water stress (irrigation every 10days) and severe water stress (irrigation every 14days). Fertilizer treatments comprised of zero (control); application of phosphorus 50% (based on soil testing result); application of phosphorus 100%; phosphorus 50% plus mycorrhiza; phosphorus 50% plus humic substance; and phosphorus 50% with humic substance plus mycorrhiza. The results showed that water stress significantly decreased yield. The fertilizer treatments had significant effects on grain yield, biological yield, and plant height, grain protein, grain nitrogen and phosphorus; but had no significant effect on seed weight, and harvest index. Comparison of treatment means for different traits showed that the greatest change compared to the control, was for the treatment of 50% humic compounds plus phosphorus fertilizer with mycorrhizal fungi.

Keywords: Corn, humic substance, limited irrigation, mycorrhiza fungi, yield & yield components.