

بررسی اثرات تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ذرت

امید علیزاده*، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد
اسلام مجیدی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
حبیب الله نادیان، عضو هیات علمی دانشگاه ملائانی اهواز
قربان نورمحمدی، عضو هیات علمی دانشگاه شاهرود
محمد رضا عامریان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

به منظور بررسی اثرات تلقیح قارچ میکوریزا در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر بعضی خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۱۳۸۴ انجام شد. آزمایشها در ایستگاه پژوهشی آموزشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد انجام گرفت. نتایج نشان داد که اثرات ساده نیتروژن، میکوریزا، سطوح آبیاری و اثرات متقابل میکوریزا و سطوح آبیاری و نیتروژن بر ارتفاع گیاه، ماده خشک اندام هوایی، ماده خشک ریشه، سطح برگ و طول ریشه معنی دار بودند. افزایش مصرف کود نیتروژن منجر به افزایش ماده خشک اندام هوایی و طول ریشه در گیاه ذرت شد. این در حالی بود که ماده خشک ریشه با مصرف بیشتر نیتروژن کاهش یافت. نسبت ریشه به اندام هوایی، طول ریشه و درصد ریشه کلنی ذرت تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت، طوری که با افزایش شدت تنش خشکی طول ریشه و درصد ریشه کلنی شده کاهش یافت و در مقابل نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش یافت. به طور کلی نتیجه پاسخ رشد میکوریزایی به افزایش شدت تنش خشکی مثبت بوده و نسبت ریشه به اندام هوایی در تیمار میکوریزا نسبت به شاهد تحت تنش خشکی بیشتر بود.

واژه های کلیدی: تنش خشکی، ذرت، میکوریزا، نیتروژن

مقدمه

عملکرد گیاهان زراعی تحت تأثیر متقابل اقلیم، عوامل خاکی و گیاهی می باشد. شناخت خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاهان زراعی در شرایط مختلف اکولوژیکی ضروری می باشد (۱). نیتروژن در کشاورزی مترکم به عنوان یک عنصر غذایی مهم و تعیین کننده عملکرد شناخته شده است و به عنوان جزء اصلی در ساختار پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک، اسیدهای آمینه آنزیم ها، ویتامین ها و رنگیزه ها نقش اساسی دارد (۲۷). وینهولد و همکاران (۱۹۹۵) معتقدند که آب و نیتروژن به عنوان دو عامل مهم و محدود کننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می آیند. در این بین تنش خشکی به عنوان مهمترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی معرفی شده است (۲۵). در بیشتر موارد تنش به عنوان تغییر و دور شدن از شرایط مطلوب در نظر گرفته می شود و برهمکنش آب و نیتروژن به طور وسیعی می تواند عملکرد رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (۳۴). ایک (۱۹۸۴) نشان داد که واکنش عملکرد ذرت تحت شرایط تنش خشکی و کود نیتروژن بسیار کم می باشد. سیور دینگ (۱۹۹۱) در نتایج خود گزارش کرد که قارچ های وسکولار- اربوسکولار می توانند با ریشه برخی از گیاهان زراعی و باغی رابطه همزیستی خوبی داشته باشند. به طوری که نتایج سایر تحقیقات حاکی از آن است که این همزیستی بر دانه بندی خاک، تهویه خاک، فعالیت بعضی میکرو ارگانیسم های خاکری مانند ریزوبیوم ها و جذب برخی از عناصر غذایی میکرو مثل آهن اثرات مطلوبی می گذارد که در نتیجه افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی را به دنبال خواهد داشت (۲۶، ۲۴، ۲۵).

تا کنون مطالعات فراوانی در خصوص پراکنش میکوریزا انجام شده است به طور نمونه مقایسه پراکنش میکوریزا در خاک مناطق مرطوب، نیمه خشک و خشک نشان داده است که افزایش میزان رطوبت منجر به کاهش حجم میکوریزا در خاک شده است (۲ و ۱۴). یکی از اثرات مهم قارچ های میکوریزایی تعدیل اثرات تنش خشکی است، در حقیقت همزیستی میکوریزایی می تواند از گیاه میزبان در برابر اثرات زیان بار تنش خشکی حمایت کند (۳۳ و ۳۳). نتایج یک مطالعه در خصوص اثرات تلقیح میکوریزایی در هندوانه (*Citrullus Lunatus Thunb*) نشان می دهد که تلقیح با میکوریزا نه تنها منجر به افزایش کلنی شدن ریشه می شود بلکه افزایش عملکرد میوه و کارایی مصرف آب را نیز به دنبال داشته است (۲۰). از مهمترین اثرات مطلوب رابطه همزیستی میکوریزایی، ریشه گیاهان در شرایط خشک و نیمه خشک یا تنش خشکی که توسط پژوهشگران متعدد گزارش شده است می توان تغییرات در سطح بعضی هورمون های گیاهی مثل آبسزیک اسید (ABA) و سیتوکینین (۱۱، ۱۰، ۱۳)، جذب مستقیم آب توسط هیف های قارچ در خاک و انتقال آن به گیاه میزبان (۱۳ و ۲۸)، افزایش تبادلات گازی برگ و میزان فتوسنتز (۲۹)، افزایش فعالیت آنزیم های مدافع آنتی اکسیدان در گیاه (۳۰)، اسیمیلاسیون

نیترات و فسفر (۱۹ و ۳۱)، افزایش جذب آب از طریق افزایش هدایت هیدرولیکی برگ و فعالیت فتوسنتزی (۴ و ۱۲)، تنظیم اسمزی (۳) و تغییر در انعطاف پذیری غشا سلولی را نام برد (۵ و ۳۲). به طور کلی با توجه به اثرات مطلوب همزیستی میکوریزا با گیاهان زراعی و باغی تحقیق حاضر با هدف بررسی اثرات میکوریزا در سطوح مختلف نیتروژن و آبیاری بر برخی صفات مورفو لوژیک و فیزیولوژیک گیاه زراعی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ طراحی و اجرا گردیده است.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۴ در مرکز پژوهشی- آموزشی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۵۲ دقیقه و ارتفاع ۱۳۷۰ متر از سطح دریا در شرایط گلخانه ای انجام شد. جهت تهیه خاک مناسب برای گلدان ها از ۵۰٪ خاک زراعی الک شده (دو میلی متر) و ماسه بادی استفاده گردید. خاک مخلوط سپس با استفاده از اتوکلاو در دمای ۱۲۱/۵°C و فشار ۱۵PSI به مدت دو ساعت جهت عاری شدن خاک از هر گونه اسپور قارچ استریل شد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زراعی استفاده شده در گلدان ها

مس	منگنز	روی	ازت کل	آهن	پتاسیم	فسفر	شن	سیلت	رس	کربن کل	pH	هدایت الکتریکی
ppm	ppm	ppm	(%)	ppm	ppm	ppm	(%)	(%)	(%)	(%)		
۱/۲	۷	۰/۳۵	۰/۴۷	۷/۱	۱۸۰	۴/۲	۶۰	۲۵	۱۵	۰/۴۶	۷/۰۱	۳/۶۲

گلدان ها با الکل به طور کامل استریل و تمیز گردید. قطر گلدان ها ۲۳ سانتی متر و ارتفاع آن ها ۲۰ سانتی متر بود. در کف گلدان ها جهت زهکشی پنج سوراخ یک اندازه ایجاد شده و درون یک گلدان ۶۵۰۰ گرم خاک استریل ریخته شد. سپس بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ که به خوبی شسته شده بودند و به مدت ۱۰ تا ۱۲ روز جهت جوانه زنی و تولید گیاهچه با طول ریشه ۰/۷ تا ۱/۵ سانتی متر در دستگاه ژرمیناتور قرار گرفتند. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از مصرف کود نیتروژن (N) از منبع اوره (۴۶ درصد نیتروژن خالص) در سه سطح ۱۵۰، ۳۰۰، ۴۵۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار که بر اساس اندازه گلدان و مقدار مورد نیاز تهیه و به گلدان ها اضافه گردید و با علائم اختصاری N₁، N₂ و N₃ نمایش داده شدند.

تیمارهای میکوریزا (M) شامل تلقیح با میکوریزا (M_1) و عدم تلقیح با میکوریزا (M_0) که گونه میکوریزا مورد استفاده در این آزمایش *Glomus intraradices* بود، همچنین تیمار سطوح مختلف آبیاری (I) شامل چهار سطح به شرح ذیل می باشد:

آبیاری در ۲۵ درصد تخلیه رطوبتی خاک (I_1)

آبیاری در ۴۵ درصد تخلیه رطوبتی خاک (I_2)

آبیاری در ۶۵ درصد تخلیه رطوبتی خاک (I_3)

آبیاری در ۸۵ درصد تخلیه رطوبتی خاک (I_4)

به طور کلی در این آزمایش ۷۲ گلدان اصلی و تعدادی گلدان فرعی برای اندازه گیری رطوبت و اعمال تیمار تنش مورد استفاده قرار گرفتند. جهت اعمال تیمار تنش ابتدا جرم مخصوص ظاهری خاک و مقادیر رطوبت در حد ظرفیت زراعی (FC) و نقطه پژوهشی دائم (PWP) محاسبه شد. سپس میزان آب قابل استفاده از تفاضل ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم به دست آمد (آب قابل استفاده در حالت ظرفیت زراعی ۱۰۰ فرض شد) و برای تعیین رطوبت خاک، هر دو روز یک بار از گلدان های فرعی نمونه برداری انجام می گردید. سپس نمونه های خاک به مدت ۴۸ ساعت در گرمخانه و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد خشک شدند و در نهایت، رطوبت حجمی خاک محاسبه گردید. برای تلقیح گیاهچه های جوان ذرت از پروپاگول که عبارت بود از مخلوط اسپور قارچ، میسلیم های خارجی و قطعات ریشه کلنی شده توسط میکوریزا استفاده گردید بدین صورت که در هر گلدان ۳ حفره به عمق حدود ۳ سانتی متر به فاصله ۳ تا ۵ سانتی متر از یکدیگر ایجاد شد و قبل از قرار دادن بذور جوانه زده (گیاهچه) در این حفرات در کف آنها پروپاگول ریخته شد همچنین روی آنها با پروپاگول و ماسه نرم پوشیده شد. برای تیمارهای بدون میکوریزا فقط ماسه نرم روی گیاهچه ریخته شد. سپس گلدان ها با آب مقطر آبیاری شدند. بعد از خروج گیاهچه از خاک عمل تنک کردن در گلدان انجام شد. در پایان رشد رویشی یعنی حدود ۶۵ روز بعد از انتقال گیاهچه به گلدان، صفاتی مانند سطح برگ، ارتفاع گیاه، ماده خشک ریشه و اندام هوایی، مجموع طول ریشه و طول ریشه کلنی شده، درصد کلنی شدن پاسخ رشد میکوریزایی و ... اندازه گیری شدند. سطح برگ از رابطه زیر برای هر گلدان جداگانه حساب شد:

$$A=L \times W \times 0.75$$

در این رابطه L: طول برگ (سانتی متر)، W: بزرگترین عرض برگ (سانتی متر) و A: مساحت کل برگ می باشد. برای سنجش وزن ماده خشک اندام هوایی و ریشه، قسمت های مختلف گیاه بعد از قطع در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار گرفتند تا خشک شوند. همچنین از هر گلدان مقداری از ریشه تازه (۱۰ گرم) جهت اندازه گیری طول ریشه و طول ریشه کلنی شده برداشته شد. برای محاسبه مجموع طول ریشه و طول ریشه کلنی شده ابتدا ریشه ها به طور کامل تمیز شسته شدند،

سپس در محلول ۱۰ درصد KOH به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند، بعد از خارج کردن از محلول با کاغذ خشک کن خشک شدند بعد در مورد تیمارهای با میکوریزا نیز ریشه ها در حدود ۳۰ تا ۴۵ دقیقه در محلول تری پن بلو رنگ آمیزی شدند. سپس مجموع طول ریشه و درصد طول ریشه کلنی شده به روش گیوانتی و موسیه (۱۹۸۰) با استفاده از میکروسکوپ و کلنی سنج محاسبه و مشخص شدند. در مورد سایر تیمارها نیز فقط طول ریشه اندازه گیری شد. پاسخ رشد میکوریزایی از رابطه بایون و همکاران ۱۹۹۳ استفاده گردید (۱۶).

$$\text{وزن ماده خشک بدون تیمار میکوریزا - وزن ماده خشک با تیمار میکوریزا} \\ \text{وزن خشک گیاهان بدون میکوریزا} \times 100 = \text{تمایل میکوریزایی}$$

در نهایت جهت تجزیه و تحلیل صفات اندازه گیری شده از نرم افزارهای SPSS و Minitab استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان می دهد که اثرات نیتروژن، میکوریزا و سطوح مختلف آبیاری بر ارتفاع گیاه، ماده خشک اندام هوایی و ریشه، سطح برگ، طول ریشه و نسبت ریشه به ساقه بسیار معنی دار است. همچنین در مورد ارتفاع گیاه اثر متقابل سطوح آبیاری، نیتروژن - سطوح آبیاری، میکوریزا و در مورد ماده خشک اندام هوایی اثرات متقابل میکوریزا، نیتروژن - سطوح آبیاری، نیتروژن و سطوح آبیاری میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد و در خصوص ماده خشک ریشه برهمکنش میکوریزا، نیتروژن و سطوح آبیاری، میکوریزا در سطح احتمال ۱ درصد و سطوح آبیاری، نیتروژن در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شده است (جدول ۱). این روند در مورد سایر خصوصیات گیاه مانند سطح برگ، طول ریشه و نسبت ریشه به ساقه نیز مشاهده می شود که در مجموع می توان نتیجه گرفت که این تیمارها بر فاکتورهای ذکر شده بسیار موثر بوده اند. مقایسه میانگین ارتفاع گیاه و بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر آن نشان داد که ارتفاع گیاهان در تیمار با میکوریزا در مقایسه با تیمار بدون میکوریزا بیشتر بود همچنین با افزایش شدت تنش در تیمار با و بدون میکوریزا ارتفاع گیاه کاهش یافت. که البته تفاوت کمی بین دو تیمار I₁ و I₂ از این نظر وجود دارد (جدول ۲). همچنین با افزایش مصرف کود نیتروژن ارتفاع گیاه افزایش یافته است که البته سهم این افزایش در مورد دو تیمار N₁ و N₂ معنی دار نبوده است (جدول ۳).

جدول ۱: تجزیه واریانس ارتفاع گیاه، ماده خشک اندام هوایی، ماده خشک ریشه، سطح برگ طول ریشه و نسبت ریشه به ساقه در ذرت هیبرید تحت شرایط تنش خشکی و مقادیر نیتروژن

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع گیاه	ماده خشک اندام هوایی	ماده خشک ریشه g r	سطح برگ cm ²	طول ریشه cm	ریشه / ساقه
تکرار	۲	۸۵/۷ ns	۲/۵ ns	۲/۱۵ ns	۰/۳ ns	۶۰۹۸ ns	۰/۰۰۰۲ ns
نیتروژن	۲	۸۱۲۵/۳**	۴۹۳۲/۹**	۲۳/۰۷**	۱۴۴۵۱/**	۱۰۹۷۵۰۴**	۰/۰۴۵
میکوریزا	۱	۱۰۱۷۶/۹**	۱۲۱۶۸**	۹۵۵/۳۲**	۱۵۷۵۳/۱**	۱۴۴۱۳۹۷۵**	۰/۰۲۴
سطوح آبیاری	۳	۷۴۹۵/۹**	۸۵۷۲/۸**	۹۵/۵۸**	۴۲۴۹۸/۲**	۹۱۶۱۲۸۵**	۰/۰۰۴۹
میکوریزا نیتروژن	۲	۲۳/۴ ns	۲۰۷/۱**	۳/۶۴**	۱۲۲۵/۳**	۲۹۲۵۷۷**	۰/۰۰۰۱
سطوح آبیاری نیتروژن	۶	۱۹۲/۴**	۵۱/۴**	۱/۰۷**	۴۷۶/۱**	۲۲۸۹۴۹**	۰/۰۰۰۴۹
سطوح آبیاری میکوریزا	۳	۳۶۲/۴**	۱۴۶/۱**	۳/۴۵**	۱۳۰/۲**	۳۷۹۰۶۹**	۰/۰۰۰۲
سطوح آبیاری میکوریزا نیتروژن	۶	۶۳ ns	۱۱/۶**	**۱/۱۹	۱۱۳/۳**	۳۵۹۳۰*	۰/۰۰۰۰۹۶*
خطا	۴۶	۳۳/۵	۲/۴	۰/۴۲	۹/۵	۱۰۲۷۵	۰/۰۰۰۰۵۶

n.s.، * و ** در هر ستون به ترتیب: بدون معنی، معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

این یافته تأییدی بر پژوهش‌های محققینی دارد که بیان کردند، که افزایش مصرف کود نیتروژن می‌تواند موجب افزایش ارتفاع گیاه گردد (۷) و افزایش شدت تنش آب موجب کاهش ارتفاع ساقه می‌گردد (۱۳ و ۲۳). اما در مقایسه تیمار میکوریزا نسبت به تیمار بدون میکوریزا، افزایش ۲۰ تا ۳۰ درصدی در ارتفاع گیاه دیده شد. بالاترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمارهای آبیاری مطلوب و مقدار ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در تیمار با میکوریزا است که نسبت به تیمار مشابه و عدم وجود میکوریزا افزایش حدود ۳۳ درصدی را نشان می‌دهد. همچنین کمترین ارتفاع گیاه مربوط به مقدار نیتروژن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود و تنش آب شدید (I4) می‌باشد. همچنین اثر تنش خشکی بر ماده خشک هوایی و زمینی هم در تیمار با میکوریزا و هم در بدون میکوریزا معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر تیمار نیتروژن و اثرات متقابل نیتروژن، تنش آب و میکوریزا نیز معنی‌دار شد (جدول ۳ و ۴). نتایج نشان داد که مقایسه تیمار با میکوریزا و تیمار بدون میکوریزا، میکوریزا هم از نظر ماده خشک هوایی و هم از نظر ماده خشک ریشه یک افزایش نسبی را نسبت به تیمارهای مشابه در تیمارهای بدون میکوریزا نشان می‌دهد. همچنین تنش ماده خشک در اندام هوایی و ریشه در هر تیمار با میکوریزا و شاهد کاهش داده است. البته اثر تنش خشکی بر ماده خشک ریشه کمتر از وزن ماده خشک اندام هوایی است به طوری که ماده خشک اندام هوایی بر اثر تنش خشکی حدود ۵۰ درصد افت داشته در حالی که ماده خشک اندام زمینی حدود ۲۵ درصد کاهش را نشان می‌دهد.

جدول ۲: اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر ارتفاع گیاه، ماده خشک اندام هوایی، ماده خشک ریشه، سطح برگ، طول

ریشه نسبت ریشه به ساقه در حضور یا عدم حضور میکوریزا در ذرت هیبرید Ksc 704

ارتفاع گیاه cm	ماده خشک اندام هوایی gr	ماده خشک ریشه gr	سطح برگ cm ²	طول ریشه cm	ریشه / ساقه	میکوریزا	سطوح آبیاری
۷۱/۲۲c	۹۷/۷c	۱۲/۸۹d	۱۷۷/۳c	۵۴۱۲/۶b	۰/۱۴f	بدون میکوریزا (M0)	آبیاری مجدد ۲۵٪ آب قابل دسترس (I ₁)
۵۹/۲۲c	۶۴/۷ve	۱۱/۹۱۱e	۱۷۷/۳۳d	۵۰۳۶/۸d	۰/۱۴f		آبیاری مجدد ۴۵٪ آب قابل دسترس (I ₂)
۵۹/۲۲d	۶۴/۷vg	۹/۷۵۶f	۱۰۸/۴۴g	۴۰۰۹/۶f	۰/۱۵e		آبیاری مجدد ۶۵٪ آب قابل دسترس (I ₃)
۳۳f	۶۴/۷vh	۷/۹۵۶g	۸۱/۸۹h	۳۸۶۳/۱g	۰/۱۶d		آبیاری مجدد ۸۵٪ آب قابل دسترس (I ₄)
۱۰۶a	۱۱۶/۶va	۱۹/۳۸۹a	۲۰۸/۶۷a	۳۸۶۳/۱a	۰/۱۷c	با میکوریزا (M1)	آبیاری مجدد ۲۵٪ آب قابل دسترس (I ₁)
۹۵/۷۸b	۱۱۲/۱۱b	۱۸/۸۳۳ab	۲۰۳/۴۴b	۶۰۰۷/۷a	۰/۱۷c		آبیاری مجدد ۴۵٪ آب قابل دسترس (I ₂)
۷۳/۱۱c	۹۲/۷۸d	۱۸/۱۵۶b	۱۴۵/۵۶e	۵۲۷۹/۸c	۰/۲b		آبیاری مجدد ۶۵٪ آب قابل دسترس (I ₃)
۵۲/۸۹e	۷۵/۱۱f	۱۴/۸۷۸c	۱۱۱/۶۷f	۴۵۷۸/۷e	۰/۲۱a		آبیاری مجدد ۸۵٪ آب قابل دسترس I ₄

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه اختلاف معنی دار ندارند (دانکن ۵٪)

همچنین با افزایش نیتروژن ماده خشک اندام هوایی به طور معنی داری افزایش یافته اما ریشه عکس العمل دقیقی نسبت به افزایش نیتروژن از خود نشان نداده است. این یافته تأییدی بر کار پژوهشگرانی دارد که در مقایسه تیمار با میکوریزا و عدم تلقیح با میکوریزا به ماده خشک بالاتری دست یافتند (۱۷، ۱۸ و ۲۲)، به نظر می رسد افزایش ماده خشک هوایی و ماده خشک زمینی در صورت تلقیح با میکوریزا در مقایسه با تیمارهای شاهد بدون تلقیح به دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز گیاه که منجر به ساخته شدن مواد فتوسنتزی بیشتر می شود باشد که این موضوع مورد تأیید سایر محقق نیز می باشد (۳۷). در این پژوهش مجموع سطح برگ در تیمارهای با میکوریزا بیشتر از شاهد بود (جدول ۲)، همچنین نتایج نشان داد که افزایش تنش موجب کاهش شدیدی در سطح برگ شد (جدول ۲). با افزایش نیتروژن عمدتاً سطح برگ گیاه نیز افزایش پیدا کرد (جدول ۳).

بر همکنش سطوح آبیاری و نیتروژن در حضور و یا عدم حضور میکوریزا نشان می دهد که در تیمارهای با میکوریزا مجموع سطح برگ بیشتر است. بین سطوح N₂ و N₃ از نظر سطح برگ تفاوت کمی وجود دارد (جدول ۴). ویرنات و گوگالا (۱۹۹۵) از آزمایش مشابهی اثر مثبت میکوریزا را در افزایش سطح برگ ذرت گزارش نمودند. همچنین نتایج تحقیقات دیگر محققان نشان می دهد که تنش خشکی موجب کاهش LAI و افزایش نیتروژن موجب افزایش LAI می گردد (۶ و ۸).

جدول ۳: اثر مقادیر نیتروژن بر ارتفاع گیاه، ماده خشک اندام هوایی، ماده خشک ریشه، سطح برگ، ریشه، نسبت

ریشه / ساقه در حضور و یا عدم حضور میکوریزا در ذرت هیبرید Ksc 704

مقادیر نیتروژن از منبع اوره Kg/ha	میکوریزا	ارتفاع گیاه cm	ماده خشک اندام هوایی	ماده خشک ریشه gr	سطح برگ cm ²	طول ریشه cm	ریشه / ساقه
۱۵۰	بدون میکوریزا (M ₀)	۳۸d	۶۰/۱۷f	۱۱/۸۹c	۱۰۵/۲۵e	۴۴۱۵/۲f	۰/۲۰ b
۳۰۰		۶۷/۷۵b	۷۴/۴۲e	۹/۲۳d	۱۴۶/۵c	۴۶۹۸/۵d	۰/۱۳ d
۴۵۰		۶۷/۷۵b	۸۴/۹۲c	۱۰d	۱۶۱/۵d	۱۶۱/۵d	۰/۱۳ d
۱۵۰	با مصرف میکوریزا (M ₁)	۸۰/۲۵d	۸۰/۲۵d	۱۸/۴۴a	۱۴۳/۲۵e	۵۱۶۴/۲c	۰/۲۳ a
۳۰۰		۱۰۶/۲۵b	۸۰/۲۵b	۱۷/۲۵b	۱۷۴/۵۸b	۵۴۸۵/۲b	۰/۱۶ c
۴۵۰		۱۱۱a	۱۰۶/۲۵b	۱۷/۷۵b	۱۸۴/۱۷a	۵۷۷۷/۳a	۰/۱۶ c

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه اختلاف معنی دار ندارند (دانکن ۰/۰۱٪)

مجموع طول ریشه در تیمارهای با میکوریزا بیشتر از شاهد بود (جدول ۲). مجموع طول ریشه در هر دو حالت با افزایش نیتروژن افزایش یافت. اما مجموع طول ریشه با افزایش شدت تنش کاهش پیدا کرد (جدول ۲). نتایج کار سایر محققین نیز نشان می دهد که مجموع طول ریشه در تیمارهای با میکوریزا بیشتر از بدون میکوریزا است (۱۶ و ۲۱). نسبت ریشه به اندام هوایی نیز نشان می دهد که در تنش خشکی وزن ریشه نسبت به وزن اندام هوایی کمتر تغییر می کند و به همین دلیل نسبت ریشه به ساقه افزایش می یابد (جدول ۲). همچنین نسبت ریشه به اندام هوایی در تیمار با میکوریزا در مقایسه با شاهد بیشتر است (جدول ۲، ۳ و ۴). با افزایش کود نیتروژن طول ریشه افزایش یافته اما وزن ریشه کاهش یافته است (جدول ۳) که این نتایج کار با نتایج کار سایر پژوهشگران همخوانی دارد (۹، ۲۱ و ۳۸). جدول ۵ نشان می دهد که طول ریشه کلنی شده با افزایش نیتروژن افزایش می یابد اما با شدت تنش کاهش می یابد. درصد ریشه کلنی شده با افزایش شدت تنش کاهش می یابد در حالی که پاسخ رشد به میکوریزا با افزایش شدت تنش، افزایش می یابد. نتایج به دست آمده از این پژوهش با نتایج سایر محققین در این زمینه همخوانی دارد (۳۵ و ۳۶). نتیجه آن که نسبت ریشه به اندام هوایی، طول ریشه و درصد ریشه کلنی شده ذرت تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفت، به طوری که با افزایش شدت تنش خشکی طول ریشه و درصد ریشه کلنی شده کاهش یافت و در مقابل نسبت ریشه به اندام هوایی افزایش یافت. به طور کلی نتیجه پاسخ رشد به میکوریزا به افزایش شدت تنش خشکی مثبت بود. زیرا نسبت ریشه به اندام هوایی در تیمار میکوریزا نسبت به شاهد تحت تنش خشکی بیشتر شد. بنا براین می توان نتیجه گیری کرد که میکوریزا در شرایط تنش خشکی، ضمن تعدیل اثرات تنش خشکی می تواند گیاه را در برابر عوامل نا مساعد محیطی محفوظ نگه دارد.

جدول ۴: اثر مقادیر مختلف نیتروژن، سطوح مختلف تنش و حضور و یا عدم حضور میکوریز بر ارتفاع گیاه، ماده

خشک اندام هوایی، ماده خشک ریشه، سطح برگ، طول ریشه، نسبت ریشه / ساقه

ریشه / ساقه	طول ریشه cm	سطح برگ cm ²	ماده خشک		ارتفاع گیاه	میکوریزا	مقادیر نیتروژن	سطوح آبیاری
			ریشه gr	اندام هوایی gr				
۰/۱۹b	۵۱۵۵/۷d	۱۴۴d	۱۵/۰۶d	۸۱g	۴۹/۶۸ g		N ₁	
۰/۱۱d	۵۶۶۲b	۲۰۶b	۱۱/۷۷f	۱۰۱e	۸۱cde	M₀	N ₂	I ₁
۰/۱۱d	۵۴۳۱c	۲۰۶b	۱۱/۸۳f	۱۱۱d	۸۳cd		N ₃	
۰/۱۹b	۴۶۴۱/۳f	۱۴۰d	۱۳/۵۰e	۷۲/۳۳h	۴۸/۳۳gh		N ₁	
۰/۱۲d	۵۲۱۵d	۲۰۰b	۱۰/۷۰g	۹۱/۶۷f	۷۹/۳۳cde	M₁	N ₂	I ₂
۰/۱۱d	۵۲۵۴d	۱۹۲b	۱۱/۵۳f	۹۹e	۸۰cde		N ₃	
۰/۲۱b	۴۰۲۳g	۸۰/۳۳g	۱۰/۸۳f	۵۱/۳۳i	۳۱/۶۷i		N ₁	
۰/۱۳c	۳۹۹۳/۳g	۱۴۰d	۸/۸۶h	۶۵h	۷۲/۳۳e	M₁	N ₂	I ₃
۰/۱۲d	۴۰۱۲/۳g	۱۰۵f	۹/۵۷g	۷۷/۶۷g	۷۳/۶۷de		N ₃	
۰/۲۳b	۵۱۳۸/۷g	۵۶/۶۷	۸/۱۷	۳۶k	۲۲/۳۳i		N ₁	
۰/۱۴c	۳۹۲۳/۷g	۱۰۰f	۵/۶i	۴۰j	۳۸/۳۳i	M₁	N ₂	I ₄
۰/۱۳c	۳۸۱۶/۳g	۸۹g	۷/۱h	۵۲i	۷۴cde		N ₃	
۰/۲۱b	۵۴۸۴/۳c	۱۷۳c	۲۰/۱۳a	۶۹e	۱۱۹a		N ₁	
۰/۱۵c	۶۲۳۴/۷a	۲۲۰a	۱۹/۱۳a	۱۲۵b	۱۲۵a	M₁	N ₂	I ₁
۰/۱۴c	۶۳۸۹/۳a	۲۳۲a	۱۸/۹۰b	۱۲۹a	۷۲e		N ₃	
۰/۲۰b	۵۵۶۹/۳bc	۱۷۰/۳۳c	۱۸/۴۳b	۹۰/۶۷e	۱۰۵e		N ₁	
۰/۱۵c	۶۲۳۴/۷a	۲۱۶a	۱۸/۵۰b	۱۲۰/۶۷e	۱۰۹/۶۷b	M₀	N ₂	I ₂
۰/۱۵c	۶۳۱۶a	۲۲۴a	۱۹/۵۷a	۱۲۵b	۵۳fg		N ₃	
۰/۲۶a	۵۰۶۸/۷a	۱۲۸e	۱۹/۴۷a	۷۶g	۸۳cd		N ₁	
۰/۱۷c	۵۰۵۰/۷e	۱۴۸d	۱۷/۳۷c	۹۸/۳۳e	۸۳/۳۳c	M₁	N ₂	I ₃
۰/۱۷c	۵۷۲۰b	۱۶۰c	۱۷/۶۳c	۱۰۴d	۳۹/۶۷hi		N ₃	
۰/۲۷a	۴۵۳۴/۳f	۱۰۱/۶۷f	۱۵/۷۵d	۵۸/۳۳h	۳۹/۶۷hi		N ₁	
۰/۱۷c	۷/۴۵۱۷f	۱۱۳e	۱۴e	۸۱g	۵۹/۶۷hi	M₁	N ₂	I ₄
۰/۱۷c	۴۶۸۴f	۱۲۰/۳۳e	۱۴/۹۰ e	۸۶f	۵۹/۳۳		N ₃	

میانگین های دارای حروف مشابه اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰.۵٪ ندارند

جدول ۵: اثر مقادیر مختلف نیتروژن و سطوح مختلف تنش بر درصد ریشه کلنی شده، طول ریشه کلنی شده و پاسخ رشد میکوریزایی در گیاهان میکوریزایی

مقادیر نیتروژن	درصد ریشه کلنی شده	طول ریشه کلنی شده	پاسخ رشد میکوریزایی	سطوح آبیاری
N ₁	۷۸	۴۲۷۶	۰/۱۸	
N ₂	۷۷	۴۸۲۴	۰/۲۳	I ₁
N ₃	۷۸	۵۰۰۲	۰/۱۸	
N ₁	۷۲	۴۰۰۹	۰/۲۵	
N ₂	۷۱	۴۴۱۸	۰/۳۱	I ₂
N ₃	۷۲	۴۵۶۷	۰/۲۶	
N ₁	۴۹	۲۴۸۳	۰/۴۸	
N ₂	۴۸	۲۳۹۵	۰/۵۳	I ₃
N ₃	۴۸	۲۷۴۲	۰/۳۵	
N ₁	۴۲	۱۸۷۴	۰/۶۱	
N ₂	۴۱	۱۶۳۳	۰/۸۶	I ₄
N ₃	۴۱	۱۸۲۸	۰/۶۶	

منابع

- ۱- فاجریا، ان کا. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی ترجمه هاشمی دزفولی، ا. عوض کوچکی وم. بنایان اول انتشارات جهاد دانشگاهی ۲۷۸ صفحه.
- 2- **Armstrong, R. D., Helyar, K. R. and Christie, E.K. 1992.** Vesicular-arbuscular mycorrhiza in semi-arid pastures of South-West Queensland and their effect on growth responses to phosphorus Australian Journal of Agricultural Research 43: 1143-1155.
- 3- **Auge, R. M., Schekel and K. A. Wample RI. 1986.** Greater leaf conductance of well-watered VA mycorrhizal rose plants is not related to phosphorus nutrition. New phytol. 103: 107-116.
- 4- **Auge, R. M. Schekel and K. A. Wample RI. 1987.** Rose leaf elasticity changes in response. To mycorrhizal colonization and drought acclimation physiol. Plant journal.70: 175-182.
- 5- **Auge, R. M. Stodola, J. W. tims. And J. E. Saxton AM. 2001.** Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. Plant soil 230: 87-97.
- 6- **Bannes, D. L. and O. G. Wooley. 1969.** Effect of moisture stress at different stages of growth. I comparison of a single-eared and a two-eared corn hybrid Agronomy journal. 61: 788-790.
- 7- **Bobinson, R. G. 1978.** Production and culture. In: sun flower science and technology. Carter J.F. (ed) sevie's Na 19. AM. Soc Agron. Madison. W.I, USA. PP 89-134.
- 8- **Bennett, J. M. J. W. Jones. B. zur. and L. C. Hammond. 1986.** Interaction effects of nitrogen and water stresses on water relations of field-grown corn leaves. Agron. Journal. 78: 273-280
- 9- **Clark, R. B. and S. K. zeto. 1996.** Iron acquisition by mycorrhizal maize grown on Alkaline soil. journal of plant nutrition 19 (2):247-264
- 10- **Davies, Jr. F. T., Powter.J. R. and lindermna. R. G. 1992.** Mycorrhizal and repeated drought exposure affect drought resistance and extraradical hyphae development of pepper plants independent of plant size and nutrient content. Journal of plant physiology 139: 289-294.
- 11- **Davies, Jr. F. T., Puryear. J. D., newton, R. J., Egill, J. N. and Jrossi. Ja. S. 2001.** Mycorrhizla fongi enhance accumulation and tolerance of chromium In sunflower. Journal of plant physiology 158: 777-786.
- 12- **Dell Amico J.toricillas A., rodriguez P., Morte, A. and Sanchez-Blanco mj. 2002.** Responses of tomato pelants associated with the arbuscular Mycorrhizla fungus Glomus clarum during drought and recovery. Journal.Agric.Sci 138:387-393.
- 13- **Denmead, O.T. and R. H. show. 1960.** Evapotranspiration in relation to the development of the corn crop. Agron. Journal. 51: 725-726.

- 14- **Dhillon, S. S., Vidiella, P. E., Aquilera. E. Friese, C. F., De leon, E. Armesto, J. J. and zak, J. C. 1995.** Mycorrhizal plants and fungi in the fog-tree pacific caastal desert of chile. *Mycorrhiza* 5: 381-386.
- 15- **Eck, H. V. 1984.** Irrigated corn yield response to nitrogen and ater. *Agron. Journal*. 76: 421-428.
- 16- **Faber BA. Zasoski Rj.Mjnns DN. Schakel K. 1991.** A method for measuring hyphal uptake in mycorrhizal plants. *Candian.Journal.Botany* 69: 87-94.
- 17- **Gaur, A. and A. Adholey. 2000.** Mycorrhizal inoculation of five tropical fodder crops and inoculum production in marginal soil amended with organic matter. *Biological fertiizersl soils* 35: 214-218.
- 18- **Gavito, M. E. and M. H. Miller. 1998.** Early phosphorus nutrition, mycorrhizae development, dry matter partitioning and yield of maize *Plant and soil* 2: 177-186.
- 19- **Jakobsem, I., L. K. Abbott and A. D. Robson. 1992.** External hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with trifolium subterraneum. L. 1. Spread of hyphae and phosphorus inflow inflow roots.*New phytol.* 120:371-380.
- 20- **Kaya, C., Higgs. D. and Kirnak H. tas I. 2003.** Mycorrhizal Colonization improves fruit yield and water use efficiency in water melon grown under well-watered and water stressed condition. *Plant soil* 253 (2):287-290.
- 21- **Khaliq, A. and F. E. Sanders. 1997.** Effects of phosphorus Application and vesicular arbusicular mycorrhizal inoculation on The Growth and phosphorus Nutrition of maize. *Journal of plant nutrition*, 20(11):1607-1616.
- 22- **Liu, a. c. Hamel and Bl. Ma. 2000.** Acquisition of cu.zn.mn and fe by mycorrhizal maize. grown in soil at different p and micronutrient levels: *Mycorrhiza* 9: 331-336.
- 23- **Lopez-Sanchez, M. E. and Hornubia. M. 1992.** Seasonal variation of vesicular-arbuscular mycorrhizae in eroded soils from southern spain. *Mycorrhiza* 2: 33-39.
- 24- **Marschner, H1995.** Mineral nutration of higher plants. Academic press. London.448.pp
- 25- **Mckersie, B. D. and Y. Y. Leshem. 1994.** Stress and stress coping in cultivated plants. Kluwer Academic publishers. Dordrecht. The Nether lands
- 26- **Nadian, H. S. E. Smith, A. M. Alston and R. S. Murray. 1996.** The effect of soil compaction on growth and p uptake by trifolrum subterraneum plant soil 182: 39-49.
- 27- **Pesarakli, M. 1995.** Handbook of plant and crop physiology united states of America publisher. 1004 p
- 28- **Quilambo, OA. 2000.** Functioning of peanut under nutrient deficiency and drouyht stress in relation to symbiotic asociared. P h D Thesis university of Groningen. The Netherlands.
- 29- **Ruiz-lozano JM, Azcon R. 1996.** Mycorrhizal colonization and drought stress as factors affecting nitrate reductase activity in leltuce plants. *Agric. Ecosys. Envocon.* 60: 175-181.
- 30- **Ruiz-lozano JM, Azcon R. Gomcz M. 1996a.** Alleviation of salt stress by arbuscular Mycorrhizal Glomus Species in Lactuca Sativa plnts. *Physiol. Plant journal.* 98: 767-772.
- 31- **Ruiz-lozano JM. Azcon R. plama. JM. 1996.** Superoxide dismutase activity in arbuscular mycorrhizal lactuca sativa plants subjected to drought stress. *New phytol.* 134: 327-333.
- 32- **Sanders LR, Koide RT. 1994.** Nutrient acquisition and community structure in co-occurring mycotrophic and non-mycotrophic old-field annuals. *Funct. Ecol.* 8: 77-84.
- 33- **Sanchez-Diaz M. Honrubia M. 1994.** Water relations and alleviation of drought stress in mycorrhizal plants. In *Impact of Arbuscular mycorrhizas on sustainable Agriculture and Natural Ecosystems* PP 167-168. Birkhauser verlag Basel. Switzerland
- 34- **Stocker, O. 1986.** Physiological and morphological changes in plant due to water deficiency. *Agron.Journal.* 65: 63-74.
- 35- **Shawn, M., kaeppler. J. L., parke. S. M., Muller. L. S., charles stuber and william f. tracy. 2000.** Variation among maize inbred lines and Detection of Quantitative trait for Growth at low phosphoros and responsiveness to Arbuswlor Mycorrhizal fungi. *Crop science.*vol 40-358-364.
- 36- **Sylvia, D. M. L. C. hammond, J. M. Bennett and S. B Linda. 1993.** Field response of maize to a vam fungus and water manegment.*Agron. Journal.*85:193-198.
- 37- **Vameralli, T. M. saccomani, S. Bona, G. Mosca, M. guarise and A. Ganis. 2003.** A comparison of root characteristics in relation to nutrient and water stress in tow maize hybrids plant soil 255-157-167.
- 38- **Virant, klun.I. and N. Gogala. 1995.** Impad of vam on phosphorus nutrition of maize with low soluble phosphate fertilization. *Journal of plant nutrition.*18(9)-1815-1823.
- 39- **Wienhold, B. J. T., P. trooien and G. A. Reichman. 1995.** Yield and nitrogen use effeciency of Irrigated corn in The northern Great plans. *Agron. Journal.* 87: 842-84.

