

Effect of mycorrhiza and superabsorbent application on corn growth traits and yield components under water stress condition

Khosro Parvizi^{*1}, Amin Farnia², Mohammad karim Ghaderi³

1. Department of Horticulture Crops Research, Faculty member of Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran.. 2. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Boroujerd Islamic Azad University, Iran. 3., Hamadan Agricultural Jihad Organization, Iran.

(Received: April 30, 2021 - Accepted: July 21, 2021)

ABSTRACT

To investigate the effects of mycorrhizal fungus and superabsorbent on corn growth traits and yield components under water stress conditions, a factorial split plot experiment based on a randomized complete block design was conducted in Hamadan province in 2019. Low irrigation treatments including optimal irrigation (irrigation at -3bar soil water potential), moderate drought stress (irrigation at -7bar soil water potential) and severe drought stress (irrigation at -11bar soil water potential) were the main plots and mycorrhizal and superabsorbent polymer biofertilizer, their combination and control (no mycorrhiza and superabsorbent) were sub plots. . The results showed that plant height, leaf area index, ear length, ear periphery, row number per ear, number of seeds per row, 100 seeds weight, grain and biological yields and harvest index were significantly affected by superabsorbent and mycorrhizal application. By increasing the drought stress intensity, the growth and yield components decreased, but the decrease was significantly lower compared to the mycorrhiza and superabsorbent polymer applications. Mycorrhiza and superabsorbent applications in severe stress condition could increase biological yield by about 12% and 22% as compared to control. Lowest grain yield (4.25 t/ha) was obtained by severe stress without application of bio-fertilizer and superabsorbent. In general, mycorrhiza and superabsorbent applications had no significant effect on growth and biological and grain yields in the absence of stress and normal irrigation; however under water stress conditions, it had significant effects on growth traits and yield, while with increasing stress intensity, this ability increased and with their combined application, these effects intensified.

Keywords: Biofertilizer, efficiency, seed corn, water deficiency, water absorbing material.

بررسی کاربرد قارچ همزیست میکوریز و سوپر جاذب رطوبتی بر صفات رشد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش آبی

خسرو پرویزی^{*۱}، امین فرنیاء^۲، محمد کریم قادری^۳

۱- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات علوم زراعی-باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان ۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد،

۳- کارشناس ارشد زراعت، سازمان جهاد کشاورزی همدان

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۱۰ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۴/۳۰)

چکیده

با هدف بررسی اثرات قارچ میکوریز و سوپر جاذب رطوبتی بر صفات رشد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای تحت شرایط تنش آبی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل و در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در استان همدان در سال زراعی ۱۳۹۸ به اجرا درآمد. تیمارهای کم آبیاری شامل آبیاری نرمال (آبیاری در پتانسیل آب خاک ۳- بار)، تنش متوسط (آبیاری در پتانسیل آب خاک ۷- بار) و تنش شدید (آبیاری در پتانسیل آب خاک ۱۱- بار) به عنوان عامل اصلی و کود زیستی میکوریز، پلیمر سوپر جاذب و ترکیب آن‌ها به همراه تیمار عدم مصرف میکوریز و سوپر جاذب به عنوان عامل فرعی به صورت تدریجی در نظر گرفته شدند. صفات ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، طول و محیط بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد دانه و زیستی و شاخص برداشت به صورت معنی داری تحت تأثیر کاربرد سوپر جاذب و میکوریز قرار گرفتند. با اعمال کم آبیاری و نیز به موازات افزایش تنش آبی، صفات رشد و عملکرد کاهش پیدا کرد، اما این کاهش در شرایط تلقیح با میکوریز و با کاربرد سوپر جاذب به طور معنی داری کمتر بود. بیشترین عملکرد دانه (۱۰/۳۳ تن در هکتار) به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و استفاده از کود میکوریز و سوپر جاذب و کمترین عملکرد دانه (۴/۲۵ تن در هکتار) به تیمار تنش شدید و عدم استفاده از

قارچ میکوریز و سوپر جاذب تعلق داشت. در مجموع استفاده از میکوریز و سوپر جاذب رطوبتی در شرایط عدم اعمال تنش و آبیاری نرمال در ذرت، اثر قابل توجهی بر صفات رشد، عملکرد زیستی و عملکرد دانه نداشت، اما در شرایط تنش رطوبتی، اثرات معنی داری بر صفات رشد و عملکرد دانه ایجاد کرد؛ ضمن این که با افزایش شدت تنش، این قابلیت افزایش یافت و با کاربرد توأم آنها نیز این اثرات تشدید شد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، دانه ذرت، کم آبیاری، کود زیستی، ماده جاذب آب.

مقدمه

این مواد تدریجی است و در اثر خشک شدن خاک به تدریج صورت می‌گیرد؛ بنابراین محیط خاک و ریشه به مدت طولانی در حد ظرفیت زراعی باقیمانده و بدون نیاز به آبیاری، دوباره آب لازم را در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Moning, 2005). گزارش شده است که با استفاده از سوپر جاذب در سطوح متوسط و بالا در ذرت، به ترتیب با کاربرد ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار، درصد دانه در بوته به ترتیب به میزان ۳۱ و ۴۵ درصد افزایش یافت (Mao et al., 2011) در آزمایشی دیگر مشخص شد که وزن خشک گیاه ذرت با تیمارهای مختلف سوپر جاذب، به شکل خطی افزایش پیدا کرد (Moazzen Ghamsari et al., 2009). Koohestani et al. (2009) گزارش دادند کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب در هکتار در ذرت، سبب افزایش معنی دار اجزای عملکرد، عملکرد کل و همچنین وزن تر و خشک بوته شد؛ همچنین با کاهش میزان آب آبیاری و اعمال تنش، اثرات مثبت سوپر جاذب چشمگیرتر شد. در آزمایشی، کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب، باعث افزایش ماندگاری آب در خاک شد و تعداد آبیاری ذرت را تا میزان ۵۰ درصد کاهش داد (Nazarli et al., 2010). در آزمایشی دیگر، با بررسی اثر مواد سوپر جاذب رطوبتی بر کاهش اثر تنش خشکی در ذرت با سه دور آبیاری هفت، ۱۰ و چهارده روزه مشخص شد که ارتفاع بوته، درصد ماده خشک و عملکرد به صورت معنی داری تحت تأثیر تیمارهای سوپر جاذب قرار گرفت و با مصرف هر دو سطح ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب، صفات رشد در دور آبیاری ۱۴ روزه به طور معنی داری افزایش یافت (Jahan et al., 2013). اثرات مثبت قارچ‌های همزیست میکوریز در افزایش تحمل گیاهان به تنش خشکی با انجام پژوهش‌های مختلف به اثبات رسیده

ذرت از نظر چرخه فتوسنتز و متابولیسم کربن از محصولات زراعی چهار کربنه است که نسبت به گیاهان سه کربنه راندمان بالایی در فتوسنتز و جذب و بکارگیری مواد حاصل از آن دارد و به دلیل عملکرد بالا به ازای نهاده‌های مصرفی (آب، کود و غیره) و استفاده‌های متعدد در تغذیه انسان، دام و طیور و فرآورده‌های مختلف در صنعت مورد توجه ویژه است. بروز تنش رطوبتی در ذرت و در طول دوره رشد و نمو آن در چهار مرحله استقرار گیاهچه، دوره رشد سریع، مرحله گرده افشانی و پر شدن دانه بسیار حائز اهمیت است و نقش بسیار مهمی در کاهش قدرت رشد و نیز پائین آمدن ظرفیت عملکرد آن دارد (Nelson, 2002). تنش رطوبتی از جمله عوامل اصلی محدودکننده عملکرد گیاهان در شرایط خشک و نیمه خشک می‌باشد و کشور ایران با میانگین ۲۴۰ میلی متر بارش سالانه، جزو این نواحی محسوب می‌شود. در شرایط اقلیمی کشور و نیز استان همدان، مهم‌ترین محدودیت تولید ذرت، کمبود آب آبیاری و تنش خشکی در مراحل مهم رشد می‌باشد؛ بنابراین استفاده از شیوه‌های مدیریت آب در مزرعه، صدمات ناشی از تنش را به کمترین میزان ممکن رسانده و می‌تواند در جلوگیری از افت کمی و کیفی محصول موثر باشد. مدیریت صحیح و استفاده از فنون کارآمد در حفظ رطوبت و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک از عوامل مؤثر در افزایش راندمان آبیاری و در نتیجه بهره‌وری مطلوب از منابع محدود آب می‌باشد (Khadem et al., 2011).

سوپر جاذب‌ها از نظر ساختمانی، شبکه‌ای از مواد پلیمری هیدروکربن و آبدوست می‌باشند؛ ضریب جذب آب در این مواد، بسیار بالا است و بیش از ۵۰۰ برابر جرم حجمی خود آب جذب می‌کنند. تخلیه آب در

می‌باشند که بررسی چگونگی اثربخشی آن‌ها در ایده اولیه انجام این تحقیق قرار گرفت. بنابراین اهداف اصلی این پژوهش بر ارزیابی اثرات استفاده از قارچ همزیست میکوریز و هیدروژل‌های سوپرجاذب به‌طور جداگانه در شرایط تنش آب، بر قدرت رشد و عملکرد ذرت و بررسی تأثیر کاربرد همزمان هیدروژل‌های سوپرجاذب و قارچ همزیست میکوریز بر رشد و عملکرد ذرت در شرایط تنش آبی متمرکز بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در مزرعه‌ای واقع در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان به اجرا درآمد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۱ آمده است. رقم ذرت مورد بررسی در این پژوهش، هیبرید ۶۷۸ بود که یک رقم میان رس محسوب می‌شود. در این مطالعه، کمبود آب در خاک به‌عنوان عامل اصلی و قارچ همزیست میکوریز و پلیمر سوپر جاذب به‌عنوان عامل فرعی به‌صورت آزمایش کرت‌های خردشده و بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفت. تیمارهای آبیاری شامل سه سطح آبیاری نرمال (آبیاری در پتانسیل آب خاک ۳- بار)، تنش متوسط (آبیاری در پتانسیل آب خاک ۷- بار) و تنش شدید (آبیاری در پتانسیل آب خاک ۱۱- بار) بود. پلیمر سوپر جاذب و کود زیستی میکوریز به‌عنوان عامل‌های فرعی در چهار سطح استفاده از سوپر جاذب و میکوریز به‌صورت جداگانه و ترکیب این دو و عدم کاربرد آن‌ها مد نظر قرار گرفت. جهت تلقیح یذره‌های ذرت از محیط کشت پیت حاوی اسپور و زادمایه قارچ همزیست میکوریز گونه *Glomus mosseae* و به میزان شش کیلوگرم در هکتار استفاده شد. مایه تلقیح قارچ از ریشه‌های کلونیزه شده ذرت با قارچ میکوریز گونه گفته شده و برخوردار از ۸۰ تا ۸۵ عدد اسپور قارچ در هر گرم محیط کشت گرفته شد. مخلوط پیت و قارچ میکوریز در شیارهای کاشت و به‌صورت یکنواخت توزیع شد و بذرها پس از کاشت، با خاک پوشانیده شدند. پلیمر سوپر جاذب استاکوزورب نیز از شرکت آتیه انرژی

است (Parvizi et al., 2017; Bagheri et al., 2019). در این خصوص مشخص شده است که این قارچ‌ها با مکانیزم‌های مختلف از قبیل تقویت ساختمان خاک و ایجاد خاکدانه مناسب، توسعه سطح جذب، کمک به جذب مستقیم و غیرمستقیم فسفر و سایر عناصر غذایی، افزایش تولید آنتی‌اکسیدان‌ها و کمک به بیان برخی ژن‌های القای مقاومت در گیاهان، قادر به افزایش توان رقابتی و نیز بالابردن آستانه تحمل در گیاهان به تنش‌های زنده و غیر زنده می‌باشند (Gupta et al, 2002).

گزارش شده است که قارچ‌های میکوریز با افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، بالابردن نسبت تعرق و کاهش مقاومت روزنه‌ای در شرایط عدم تنش، سبب ایجاد شیب مثبت انتقال آب به سلول‌های اندودرم ریشه و آوندهای می‌شوند. این تغییرات در ایجاد شیب مداوم پتانسیل آب در محیط ریشه، کمک قابل توجهی به گیاهان میکوریزایی جهت تغذیه فسفر تحت شرایط تنش کم آبی می‌نمایند (Kapoor et al., 2007). از طرف دیگر در شرایط تنش شدید و کمبود آب، قارچ‌های میکوریز با تحریک و افزایش سنتز هورمون آبسزیک اسید، مقاومت روزنه‌ای گیاه را افزایش می‌دهد و سبب بسته شدن روزنه‌های برگ در شرایط تنش شدیدتر و جلوگیری از اتلاف آب می‌شوند (Boomsma & Vyn, 2008). در تحقیقی دیگر، اثرات مثبت قارچ میکوریز در افزایش اجزای عملکرد در ذرت با افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق ریشه‌های قارچ در خاک و کمک به جذب و انتقال آب و مواد غذایی به اندام‌های هوایی گیاه نسبت داده شده است (Ortus & Harris, 1996). همچنین در گزارش Bryla & Duniway (1997) مشخص شد که میکوریز با افزایش جذب عناصر غذایی، به گیاه در انجام متابولیسم و فعالیت‌های بیوشیمیایی کمک کرده و در نتیجه عملکرد زیستی گیاه افزایش می‌یابد.

با توجه به نیاز آبی بالا در ذرت و حساسیت بیشتر آن به تنش خشکی، مدیریت صحیح آبیاری در مزرعه می‌تواند نقش مهمی در افزایش کارایی مصرف آب داشته باشد و استفاده از سوپر جاذب‌های آبی و تلقیح با قارچ میکوریز از ابزارهای مناسب در مدیریت آب

آزمایشی در ردیف‌های کشت در هنگام کاشت بذرها به صورت یکنواخت در شیارهای کشت و در مجاورت بذور توزیع شد.

تلاش تهیه شد و طبق توصیه شرکت، به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. مقدار برآورد شده از سوپر جاذب با توجه به سطح واحدهای

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش.

Table 1. Physiochemical properties of the experiential site soil.

Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	Soil texture	Olsen Potassium (mg/kg)	Potassium (mg/kg)	Total N (%)	pH	EC (ds/m)	OC (%)
39	38	23	Clay loam	49.7	343	0.16	8.05	1.69	1.59

نیتروژن از منبع اوره و ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل در هکتار به زمین داده شد. یک سوم کود نیتروژن و تمامی کود فسفر در زمان کاشت و مابقی کود نیتروژن در دو مرحله هفت برگی و قبل از ظهور گل آذین نر به خاک داده شد.

هر کرت شامل چهار ردیف کاشت به طول شش متر با فاصله ۷۵ سانتیمتر و فاصله ۲۰ سانتیمتری بین بذرها روی ردیف بود. بین هر کدام از تکرارها دو متر فاصله جهت عبور و مرور و نمونه برداری در نظر گرفته شد و در بین کرت‌های فرعی نیز یک خط بصورت نکاشت قرار گرفت.

کاشت بذرها در تاریخ ۲۷ خرداد با استفاده از دستگاه ردیف کار ذرت انجام شد. روی پشته‌ها به وسیله فاروئر دستی شکافته شد و تیمارهای مورد نظر (سوپر جاذب و قارچ میکوریز) به همراه بذرها ذرت در عمق چهار تا پنج سانتیمتری از سطح خاک قرار گرفتند. پس از عملیات کاشت، آبیاری به صورت قطره‌ای با نوار تیپ با فاصله قطره چکان ۲۰ سانتی‌متر در تمام تیمارهای مورد نظر و در تمام رژیم‌های آبیاری انجام شد. اعمال تیمارهای آبیاری از مرحله هفت تا هشت برگی ذرت آغاز شد. نیاز آبی تیمار شاهد (آبیاری نرمال)، با استفاده از مطالعات روزانه هواشناسی ثبت شده توسط نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی هوشمند موجود به محل آزمایش محاسبه شد. با وارد کردن این اطلاعات در رابطه پنمن-مانتیت اصلاح شده فائو، نخست میزان تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه محاسبه شد. سپس با استخراج مقادیر ضریب گیاهی ذرت در مراحل مختلف دوره رشد آن برای منطقه همدان در این پژوهش، تیمارهای آبیاری به این ترتیب اعمال

برای تعیین رطوبت خاک مزرعه، ابتدا منحنی خاک مزرعه توسط دستگاه pressure plate تعیین شد و سپس برای هر بار آبیاری، پتانسیل آب خاک به صورت روزانه و با استفاده از روش وزنی تعیین شد و پس از رسیدن پتانسیل آب خاک به مقدار مورد نظر، آبیاری در تیمار شاهد و تیمارهای تنش خشکی انجام شد (Cakir, 2004). محاسبه مقدار مصرف آب در تیمار شاهد بر اساس تخلیه مجاز رطوبت برابر ۵۰ درصد آب قابل دسترس خاک تعیین و منحنی مربوطه رسم شد. سپس با تنظیم فشار ثابت در سیستم و اندازه‌گیری حجم آب خروجی از طریق کنتور حجمی، میزان آب مصرفی اعمال شد. محاسبه حجم آب مصرف شده در تیمارهای تنش نیز با تنظیم فشار ثابت در سیستم و بر اساس تیمارهای شاهد در هر دوره آبیاری صورت گرفت. متوسط میزان آب مصرف شده بر اساس نیاز آبی ذرت و در سیستم تیپ در آبیاری نرمال (انجام آبیاری با رسیدن پتانسیل آب خاک به ۳- بار) ۷۴۸۰ متر مکعب در هکتار، در تیمار اعمال تنش متوسط (انجام آبیاری با رسیدن پتانسیل آب خاک به ۷- بار) ۵۶۴۰ متر مکعب در هکتار و در تیمار تنش شدید (انجام آبیاری با رسیدن پتانسیل آب خاک به ۱۱- بار) ۴۲۳۵ متر مکعب در هکتار محاسبه شد. همچنین با احتساب مجموع تعداد دفعات آبیاری، در آبیاری نرمال، تیمار با تنش متوسط و تیمار با تنش شدید، به ترتیب ۱۴، ۱۰ و هشت نوبت آبیاری انجام شد.

عملیات خاک‌ورزی با انجام یک شخم و دو دیسک عمود بر هم در اوایل خرداد ماه آغاز شد و سپس زمین به وسیله شیارساز به صورت جوی و پشته درآورده شد. توجه به نتایج آزمون خاک، ۱۵۰ کیلوگرم

دار شد. با مقایسه میانگین داده‌ها مشخص شد که تیمار شاهد (عدم استفاده از میکوریز و سوپرژادب) و استفاده از میکوریز و سوپرژادب و نیز ترکیب آن‌ها در آبیاری نرمال از نظر ارتفاع بوته (با ضریب تغییرات ۳/۵۵ درصد) وضعیت یکسانی داشتند و تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند، درحالی‌که با سایر تیمارهای آبیاری، تفاوت معنی‌داری داشتند. استفاده از میکوریز و سوپرژادب و همچنین ترکیب آن‌ها با تنش متوسط آبی، سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته شد، به طوری‌که با وضعیتی یکسان و به صورتی معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد، سبب افزایش ارتفاع بوته شدند. در شرایط تنش شدید، اگرچه استفاده از میکوریز و سوپرژادب و نیز ترکیب آن‌ها سبب افزایش ارتفاع بوته شد، اما با کاربرد توأم سوپرژادب و میکوریز، این مقدار نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها بیشتر قابل توجه بود. کاربرد میکوریز و سوپرژادب و همچنین استفاده همزمان آن‌ها در تیمار آبیاری نرمال و متعارف، تأثیر مثبت و معنی‌داری بر شاخص سطح برگ ایجاد نکرد، اما در هر دو تیمار کم آبیاری (تنش متوسط و شدید)، استفاده از میکوریز و سوپرژادب، سطح برگ را تا حد معنی‌داری افزایش داد. روند افزایش شاخص سطح برگ در تیمارهای میکوریزی و سوپرژادب و همچنین ترکیب آن‌ها، وضعیت یکنواختی نداشت و استفاده توأم از میکوریز و سوپرژادب با تنش شدید نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها بیشتر قابل توجه بود و با آن‌ها اختلاف معنی‌دار نشان داد (شکل ۱).

با این نتایج مشخص شد که کاربرد میکوریز و سوپرژادب در شرایط آبیاری نرمال، اثرات مثبتی در افزایش ارتفاع بوته گیاهان نداشت و با تأمین آب کافی، گیاه ذرت از حداکثر ظرفیت فتوسنتزی استفاده کرد و بکارگیری قارچ همزیست میکوریز و سوپرژادب، عملاً قادر به افزایش این ظرفیت نبودند، ولی با کاهش میزان آبیاری و افزایش شدت تنش، به دلیل اینکه از ظرفیت فتوسنتزی گیاهان کاسته می‌شود، رشد و ارتفاع گیاهان نیز کاهش می‌یابد به نظر می‌رسد که تنش متوسط و با شدت بالاتری تنش شدید، موجب تسریع گلدهی و کاهش ارتفاع بوته

شد: آبیاری نرمال (انجام آبیاری با رسیدن پتانسیل آب خاک به ۳- بار)، تنش متوسط خشکی (انجام آبیاری با رسیدن پتانسیل آب خاک به ۷- بار) و تنش شدید خشکی (انجام آبیاری با رسیدن پتانسیل آب خاک به ۱۱- بار). با تکمیل تشکیل سنبله نر، سه بوته به صورت تصادفی برداشت شد و سطح برگ با دستگاه سطح برگ سنج اندازه‌گیری شد. همچنین با تکمیل دوره رشد، با انتخاب سه بوته به صورت تصادفی و در ردیف‌های کشت ارتفاع بوته، طول بلال، محیط بلال، تعداد ردیف دانه در بلال و تعداد دانه اندازه‌گیری قرار شد.

پس از رسیدگی فیریولوژیکی جهت تعیین عملکرد نهایی، از ردیف‌های میانی سطح رکورد سه مترمربعی به صورت تصادفی انتخاب و بوته‌ها به طور کامل برداشت شدند. عملکرد زیستی با اندازه‌گیری وزن کل بوته‌ها بر حسب تن در هکتار مشخص شد عملکرد دانه با جدا کردن دانه‌ها از بلال و اندازه‌گیری وزن آن‌ها با ترازویی با دقت یک هزارم گرم انجام شد. سپس از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد زیستی، شاخص برداشت با استفاده از رابطه ۱ به دست آمد (Chaudhary, 1999). وزن هزاردانه با شمارش نمونه‌های تصادفی از تیمارها مشخص و بر حسب گرم ثبت شد.

$$\text{رابطه ۱} \quad \text{HI} = \text{EY} / \text{BY} \times 100$$

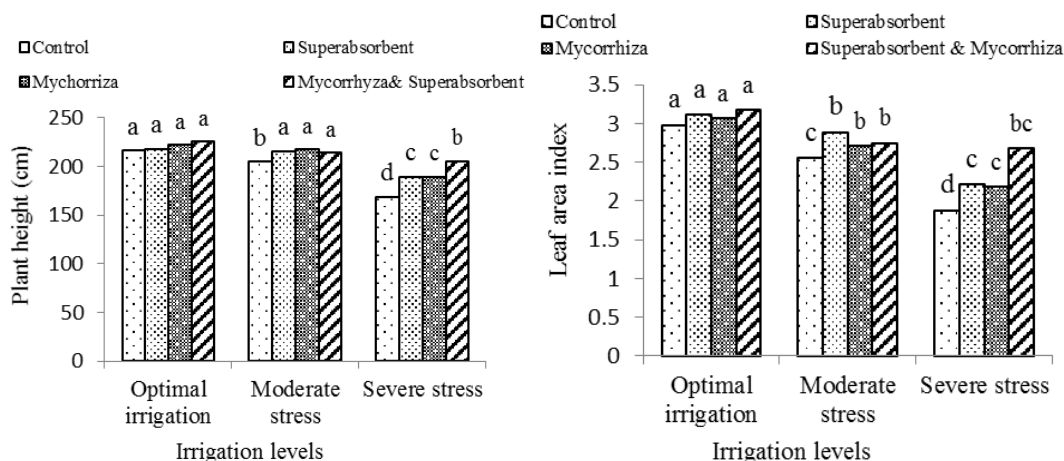
در این رابطه، HI: شاخص برداشت و EY و BY: به ترتیب عملکردهای زیستی و اقتصادی بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشند. برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد و مقایسات میانگین تیمارها با آزمون مقایسه میانگین دانکن و در سطح پنج درصد صورت گرفت. رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات اصلی تیمار آبیاری، میکوریز و سوپرژادب و همچنین اثر متقابل تیمار آبیاری در سوپرژادب، میکوریز و نیز ترکیب آن‌ها بر تمام صفات و همچنین عملکرد و اجزای آن حداقل در سطح احتمال پنج درصد معنی-

دو، باعث افزایش ارتفاع ساقه شد؛ ضمن این که کاربرد همزمان آن‌ها با افزایش شدت تنش در گیاه ذرت، اثر هم افزایی بالاتری داشت

ذرت می‌شود. بنابراین قابلیت میکوریز و سوپر جاذب در افزایش جذب آب و کاهش اثرات تنش با بالا رفتن درجه تنش آبی بیشتر نمود پیدا کرد و استفاده از هر



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر استفاده میکوریز و سوپر جاذب در سطوح مختلف آبیاری بر ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ در ذرت.

Figure 1. Mean comparison of the effects of mycorrhiza and superabsorbent in different water irrigation regimes on corn plant height and leaf area index.

et

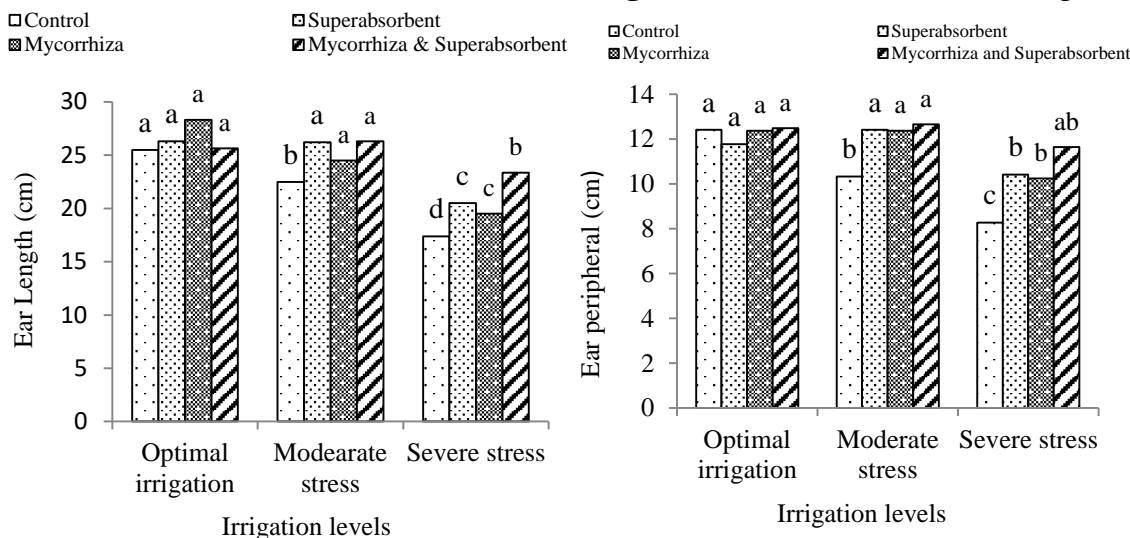
محرك‌های رشد می‌باشد (Borrell *et al.*, 2000)؛ (Blum, 1974). کاهش مواد فتوسنتزی لازم در رشد و توسعه سلول‌های برگ و نیز تحریک به پیری برگ می‌توانند به عنوان دو دلیل قانع‌کننده در پائین آمدن شاخص سطح برگ در شرایط تنش کمبود آب نسبت به شرایط آبیاری نرمال باشند (Betran *et al.*, 2003). در این آزمایش، افزایش قابل توجهی در سطح برگ (با ضریب تغییرات ۴/۹۲ درصد) در تیمارهای میکوریزی و به‌ویژه در شرایط تنش خشکی ایجاد شد. این قابلیت میکوریز در افزایش سطح برگ در شرایط تنش خشکی، با ویژگی میکوریز در کند کردن روند پیری برگ با افزایش تولید کلروفیل و یا جلوگیری از تخریب آن (فتواکسیداسیون) مرتبط است (Boomsma & Vyn, 2008). در تیمارهای کم آبیاری، شاخص سطح برگ ذرت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر استفاده سوپر جاذب قرار گرفت و اثرات مثبت‌تر استفاده از سوپر جاذب با افزایش سطح تنش چشمگیرتر بود. در این خصوص Moazzen Ghamsari *et al.* (2009) و همچنین Jahan *et al.* (2013) به

Alлахdadi *al* (2005) و Jahan *et al.* (2013) در بررسی تأثیر پلیمر سوپر جاذب بر خصوصیات رشد ذرت علوفه‌ای گزارش دادند که مصرف سوپر جاذب، اثرات مثبتی بر ارتفاع بوته و تجمع ماده خشک در شرایط کم آبیاری دارد. توسعه برگ در ذرت، مهم‌ترین پدیده رشد است که به شدت تحت تأثیر جذب آب در گیاه قرار می‌گیرد. تغییرات فرآیندهای رشد از قبیل کاهش فعالیت ریشه و ساقه (Hopkins & Huner, 2004)، پائین آمدن کارایی فتوسنتز در نتیجه کاهش تبادلات روزنه‌ای (Khan, 2005) و همچنین کاهش عملکرد کوانتومی فتوسیستم II، پائین آمدن ضریب فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و متعاقب آن کاهش فتوسنتز خالص (Molla *et al.*, 2001)، همگی منجر به کاهش رشد گیاه می‌شوند؛ مجموعه این عوامل، تأثیر قابل توجهی بر روی کاهش سطح برگ در شرایط تنش خشکی دارند. از طرفی دیگر، یکی از دلایل کاهش توسعه برگ‌ها در شرایط تنش خشکی، پائین آمدن ضریب تقسیم سلولی و نیز کاهش حجم سلول‌ها در نتیجه بهم خوردن توازن هورمونی گیاه و

کاربرد این مواد اثرات مثبتی داشت؛ ضمن این که کاربرد همزمان دو ماده سوپرجاذب و میکوریز در تنش شدید نسبت به تنش ملایم، اثرات مثبت بیشتری بر طول بلال داشت.

نتایج مشابهی رسیدند.

اثر میکوریز، سوپرجاذب و نیز ترکیب آن‌ها بر طول (با ضریب تغییر ۷/۹۲ درصد) و محیط بلال (با ضریب تغییر ۸/۲۹ درصد) (شکل ۲)، نسبتاً مشابه اثر آن‌ها بر ارتفاع گیاهان بود و با افزایش شدت تنش آبی،



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات میکوریز و سوپرجاذب در دوره‌های مختلف آبیاری بر طول و محیط بلال در ذرت.

Figure 2. Mean comparison of the effects of mycorrhiza and superabsorbent in different water irrigation regimes on corn length and peripheral ear ..

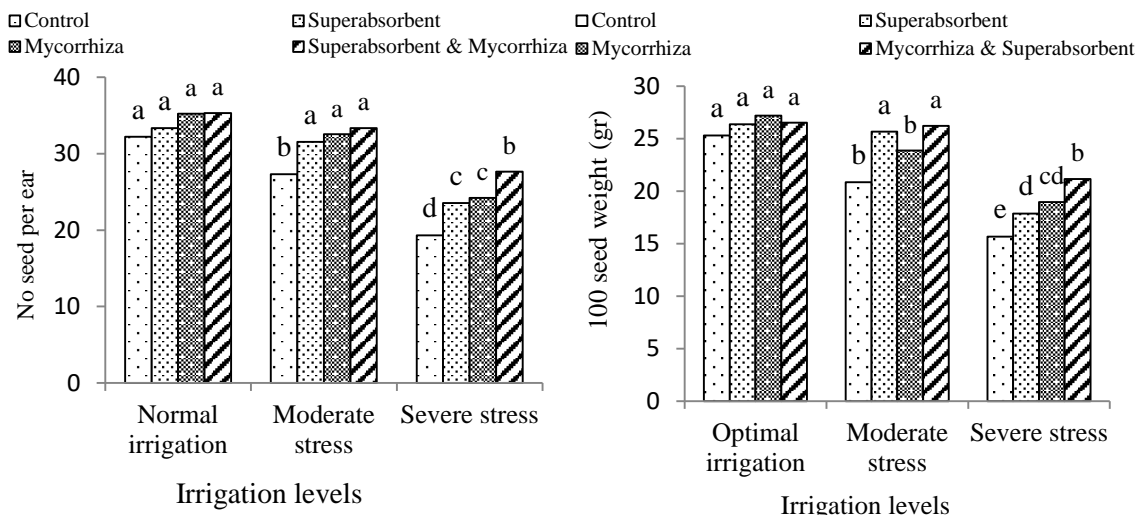
می‌یابد. *Betran et al* (2003) گزارش کردند که رابطه مستقیمی بین افزایش میزان آبیاری و قطر بلال در ذرت وجود دارد. با نتایج پژوهش ایشان مشخص شد که با کاهش فواصل آبیاری، تقسیم سلولی و تعداد آن‌ها بیشتر شد و قطر بلال و به تبع آن محیط بلال افزایش یافت.

تعداد دانه در بلال (با ضریب تغییر ۶/۹۷ درصد)، تحت تأثیر استفاده از سوپرجاذب و میکوریز قرار گرفت؛ ضمن این که در تنش متوسط آبیاری، استفاده جداگانه و همزمان آن‌ها با وضعیتی به مراتب بهتر از تیمار شاهد در یک سطح قرار گرفت. با تنش شدید نیز اگرچه بکارگیری آن‌ها نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار داشت، اما اثرات استفاده ترکیبی آن‌ها وضعیتی به مراتب بهتر از کاربرد جداگانه آن‌ها داشت (شکل ۵). در شرایط آبیاری نرمال، استفاده از میکوریز و سوپرجاذب و همچنین کاربرد توأم آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر وزن صد دانه (با ضریب تغییر ۹/۶۹ درصد)، عملکرد کل (با ضریب تغییر ۱۷/۰۸

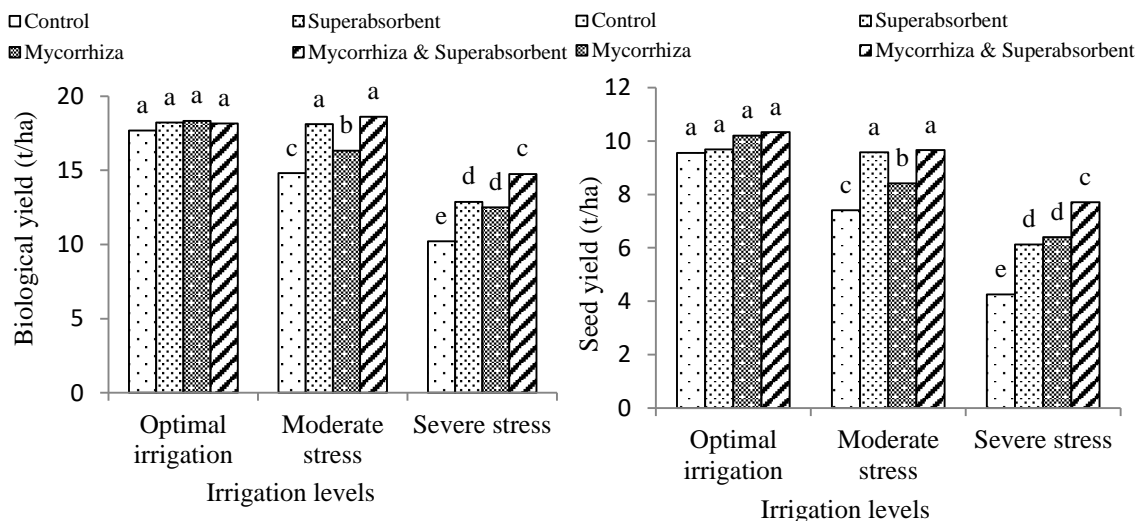
al (2009) *Alavi et al* نیز در تحقیقی بر روی ذرت دانه‌ای گزارش نمودند که با افزایش شدت تنش، طول بلال کاهش می‌یابد. چارچ میکوریز به دو دلیل در گیاه ذرت قادر به افزایش قدرت رشد اندام‌های زایشی و حجم بلال می‌شود؛ در درجه اول با افزایش سطح تماس ریشه با خاک، سبب جذب بیشتر آب و عناصر غذایی می‌شود و از طرف دیگر با تأثیر مستقیم بر سنتز فیتوهورمون‌های گیاهی بویژه اکسین و سیتوکینین، شرایط مطلوبتری در تحریک تقسیمات سلولی و رشد اندام‌های زایشی فراهم می‌کند. سوپرجاذب به شیوه‌ای دیگر با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، ضمن افزایش ظرفیت سهل‌الوصول و همچنین در دسترس قرار دادن عناصر غذایی، منجر به افزایش توان فتوسنتزی و جذب و بکارگیری مواد حاصل از آن و در نتیجه قدرت رشد بهتر اندام‌های زایشی، طول و محیط بلال می‌شود. به‌طور کلی در ذرت مشخص شده است که با افزایش فواصل آبیاری و شدت تنش، محیط بلال کاهش

تنهایی بر وزن صد دانه، عملکرد کل و همچنین عملکرد زیستی داشت. درحالی که در شرایط تنش شدید، کاربرد همزمان میکوریز و سوپر جاذب، اثرات بهتری بر این صفات در مقایسه با کاربرد جداگانه آن‌ها داشت (شکل ۳، ۴).

درصد) و همچنین عملکرد زیستی (با ضریب تغییر ۷/۷۰ درصد) نداشت. درحالی که با افزایش شدت تنش، این اثرات معنی دار و قابل توجه بود. در تنش متوسط، استفاده از سوپر جاذب و کاربرد توأم سوپر جاذب و میکوریز، اثری بهتر از کاربرد میکوریز به



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر میکوریز و سوپر جاذب در دوره‌های مختلف آبیاری بر تعداد دانه در بلال و وزن صد دانه ذرت.
Figure 3. Mean comparison of the effects of mycorrhiza and superabsorbent in different water irrigation regimes on number of seed per ear and 100 seeds weight of the corn.



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر میکوریز و سوپر جاذب در دوره‌های مختلف آبیاری بر عملکرد زیستی و عملکرد دانه در ذرت.
Figure 4. Mean comparison of the effects of mycorrhiza and superabsorbent in different water irrigation regimes on corn biological and seed yields.

انحلال مواد غذایی با ترشح اسیدهای آلی هیومیک و فولویک نسبت داده شده است (Ortus & Harris, 1996; Bryla & Duniway, 1997; Wu, 2008). در زمان وقوع تنش خشکی به خصوص در مراحل پایانی

افزایش اجزای عملکرد در گیاهان مختلف زراعی در نتیجه کاربرد قارچ همزیست میکوریز به تأثیر مثبت میکوریز در افزایش سیستم جذب ریشه از طریق نفوذ ریشه قارچ در خاک و افزایش سطح جذب و نیز

شوند، باشد.

با نتایج این پژوهش مشخص شد که با بالا رفتن شدت تنش آبی به ویژه در شرایط تنش شدید، استفاده همزمان از میکوریز و سوپر جاذب، سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه و شاخص برداشت نسبت به سایر تیمارها شد. به نظر می رسد که استفاده از سوپر جاذب، به اسقرار میکوریز کمک می کند و کارایی آن را افزایش می دهد و اثرات مثبت آن را تقویت می کند. در همین زمینه گزارش شده است که استفاده از سوپر جاذب، سبب تشدید فعالیت قارچ های میکوریز می شود (Hadi & Kalantar, 2017).

نتیجه گیری کلی

با نتایج این پژوهش مشخص شد که میکوریز و سوپر جاذب رطوبتی در شرایط آبیاری نرمال، اثر مثبت و معنی داری بر صفات رشد، عملکرد زیستی و دانه نداشتند، اما با اعمال کم آبیاری و در شرایط تنش رطوبتی، از کاربرد آن ها بر صفات رشد و عملکرد دانه اثر مثبت داشت و با افزایش میزان تنش، این قابلیت تشدید می شود؛ ضمن این که با کاربرد همزمان آن ها، نتایج چشمگیرتر و قابل توجه بود. با توجه به این که مصرف ۱۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب رطوبتی و استفاده از شش کیلوگرم زادمایه فعال قارچ میکوریز در هکتار با صرف حداکثر هزینه ای به ترتیب در حدود دو میلیون تومان و سیصد هزار تومان در زمان اجرای آزمایش همراه بود و نظر به تاثیر قابل توجه استفاده از آن ها در افزایش عملکرد به میزان ۴۳ درصد و کاهش مصرف آب به حدود ۵۰ درصد در شرایط تنش شدید، بنابراین مصرف آن ها به خوبی قابل توجیه است و از نظر صرفه اقتصادی و پایداری کشت و تولید ذرت و افزایش بهره وری آن می تواند نقش مهمی داشته باشد.

رشد، گیاه با تنظیم اختصاص مواد غذایی حاصل از فتوسنتز و تخصیص بیشتر مواد به ریشه و سایر اندام ها به منظور مقاومت در برابر تنش، از کامل شدن دانه های انتهایی می کاهد و در نتیجه از تعداد دانه در بلال کاسته می شود، اما تلقیح به وسیله قارچ میکوریز، سبب تعدیل اثرات تنش شده و تعداد دانه در بلال را نسبت به تیمارهای تلقیح نشده افزایش می دهد.

گزارش شده است که استفاده از سوپر جاذب، سبب افزایش تعداد دانه در بلال می شود؛ به نظر می رسد سوپر جاذب از طریق تامین آب و به دنبال آن کمک به جذب برخی عناصر غذایی در مرحله بحرانی تشکیل دانه، باعث کاهش سقط جنین و در نتیجه افزایش تعداد دانه های بارور شده می شود (Fazeli Rostampour et al., 2010).

ثابت شده است که گیاه ذرت در صورت مواجه شدن با تنش خشکی، با مکانیسم فرار از تنش، چرخه زیستی خود را کوتاه می کند. بنابراین طبیعی است که با کوتاه تر شدن طول دوره پر شدن دانه، وزن نهایی دانه ها کاهش یابد و همان طور که نتایج تحقیق نشان داد، در تیمارهای سوپر جاذب و میکوریز به علت بیشتر بودن طول دوره پر شدن دانه و همچنین دوام سطح برگ، وزن دانه ذرت افزایش یافت. در این پژوهش، نتایج حاصل از افزایش وزن صد دانه در استفاده از سوپر جاذب با نتایج Fazeli Rostampour et al., (2010) همخوانی دارد. گزارش شده است که استفاده از پلی مرهای سوپر جاذب، سبب افزایش عملکرد محصولات زراعی می شود (Koohestani et al., 2009). دلیل این امر می تواند افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی برای مدت طولانی در خاک، کاهش شست و شوی مواد غذایی، رشد سریع و مطلوب ریشه با ذخیره مواد غذایی و محلول در آب با وزن مولکولی کم، نظیر مواد غذایی که می توانند جذب این ماده شوند و با آزاد شدن تدریجی، توسط ریشه گیاه جذب

REFERENCES

- Alavi, F., Radmanesh, F., Masjedi, A. & Shokoohfar, A. (2009). Determination of the most suitable summer corn irrigation cycle using class a pan evaporation in Ahwaz. In: Proceedings of *Second National Conference on Irrigation and Drainage Management*, 20-23 jun., Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, pp. 252-259 (In Persian)

2. Allahdadi, M. A., Ghamsari, B. M., Akbari, G. & Zohoor Mehr, M. G. (2005). Investigating the effect of various A200 hydrogel polymer and different levels of irrigation on growth and yield of corn. In: Proceedings of 9th Iranian Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding, 26-27 September., Tehran University, Tehran, Iran pp. 113-163 (In Persian)
3. Bagheri, V., Shamshiri, M., Alaei, H. & Salehi, H. (2019). Influence of three species of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on growth and nutrients uptake in zinnia plant under drought stress conditions. *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 41 (4), 83-96 (In Persian)
4. Betran, F. J., Beck, D., Banziger, M. & Edmeades, G. O. (2003). Secondary traits in parental inbreeds and hybrids under stress and non-stress environments in tropical maize. *Field Crops Research*, 83, 51-65.
5. Blum, A. (1974). Genotypic response in sorghum to drought stress, II. Leaf tissue water relations. *Crop Science*, 14, 691-692.
6. Boomsma, C. R. & Vyn, T. J. (2008). Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Field Crops Research*, 108, 14-31.
7. Borrell, A. K., Hummer, G. L. & Douglas, A. C. L. (2000). Dose maintaining green leaf in sorghum improve yield under drought I. leaf growth and senescence. *Crop Science*, 40, 1026-1037.
8. Bryla, D. R. & Duniway, J. M. (1997). The influence of the mycorrhiza *Glomus etunicatum* on drought acclimation in safflower and wheat. *Plant and Soil*, 104, 87-96.
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. Chaudhary G. R. (1999). Response of fenugreek to seed rate and fertilizer application. *Indian Journal of Agronomy*, 44, 427-9.
11. Fazeli Rostampour, M., Saghato Aleslami, M. & Mousavi, S. G. (2010). The effect of drought stress and superabsorbent on relative water content and leaf chlorophyll index and their relationship with grain yield in maize. *Crop Physiology*, 2(1), 19-31.
12. Gupta, M. L., Prasad, A., Ram, M. & kumar, S. (2002). Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. *Bioresource Technology*, 81, 77-79.
13. Hadi, H. & Kalantar, A. (2017). Effects of mycorrhizal symbiosis, application of super absorbent gel, glycine- betain and sugar beet extract on physiological traits and seed yield of castor bean (*Ricinus communis* L.) in drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17 (3), 236-250 (In Persian)
14. Hopkins, W.G. & Huner, N. P. (2004). Introduction to plant physiology (3rd Ed.)". John Wiely and Sons. Inc. New york. P: 560.
15. Jahan, M., Kamayestani, N. & Ranjbar, F. (2013). The feasibility of using superabsorbent moisture to reduce drought stress in corn in a low input system. *Agroecology*, 5 (3), 272-281
16. Kapoor, R., Chaudhary, V. & Bhatnagar, A. K. (2007). Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycorrhiza*, 17, 581 -587.
17. Khadem, S. A., Raroudi, M., Ghalvi, M. & Roosta M G. (2011). Effect of drought stress and application of different ratios of manure and polymers-permeable fertilizer on yield and yield components of corn. *Journal of Iranian Crop Sciences*, 42 (1), 115-123 (In Persian)
18. Khan, A. G. (2005). Mycorrhizas and phytoremediation, In: Willey, N.(ed): method in biotechnology-phytoremediation: methods and reviews. *Journal of Soil Science*, 69, 425 – 432.
19. Koohestani, S., Asgari, N. & Maghsudi, K. (2009). Study the effect of super absorbent hydrogel on corn (*Zea maize* L.) yield under drought stress. *Journal of Iran Water Research*, 5, 71-78.
20. Mao, R., Islam, S., Xue, X., Yang, X., Zhao, X. & Hu, Y. (2011). Evaluation of a water-saving superabsorbent polymer for corn (*Zea maize* L.) production in arid regions of Northern China. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (17), 4108-4115.
21. Moazzen Ghamsari, B., Akbari, G., Zohuriyan, A. & Nikniyaaee, M. G. (2009). Study the yield and growth analysis of forage corn (*Zea maize* L.) under different level of super absorbent polymer application (super water- A200) under drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 3, 1-8 (In Persian)
22. Molla, A. H., Shamsuddin, Z. H., Halimi, M. S., Morziah, M. & Putech, A. B. (2001). Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean co-inoculated with *Azospirillum* and *Bradyrhizobium* in laboratory systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 33, 457-463.
23. Moning, S. (2005). Watter saturated super- absorbent polymers used in high strength concrete. *Journal of Otto- Graf*, 3 (16), 193-202.

24. Nazarli, H., Zardashti, M. R., Darvishzadeh, R. & Najafi, S. (2010). The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits of sunflower. *Notritional Science Bioogyl*, 2 (4), 53-58.
25. Nelson, B. (2002). Stress and the common corn plant. Summary of presentation at sw Indiana crop conference internet. www.king.corn.
26. Ortus, I. & Harris, P. J. (1996). Enhancment uptake of phosphorus by mycorrhizal sorgohum plant as influenced by forms of nitrogen. *Plant and Soil*, 184, 225-264.
27. Parvizi, K., Parvizi, Y. & Navaei, A. (2017). Effect of Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungus (*Rhizophagus Irregularis*) Inoculation in Different Levels of Water Deficit on Minituber Production in Potato. *Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture)*, 40 (3), 15-26 (In Persian)
28. Wu, L., Liu, M. & Liang, R. (2008). Preparation and properties of a double-coated slow-release NPK compound fertilizer with superabsorbent and water-retention. *Bioresearch Technology*, 99, 547-554.