# بررسی عملکرد کمی و کیفی ذرت (Zea mayz L.) تحت فواصل مختلف آبیاری و اثر تلفیق قارچ میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده فسفات

خوشناز پاینده[1*] و نازلی دروگر[2]

۱) گروه خاک‌شناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲) باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی اهواز، ایران.

* نویسنده مسئول: payandeh426@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۶/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰/۰۲

## چکیده

به منظور بررسی اثر قارچ میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر خصوصیات کیفی و عملکرد دانه ذرت سینگل کراس ۷۰۴ تحت فواصل مختلف آبیاری، این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی باسه تکرار در شهرستان حمیدیه در سال زراعی ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل فواصل آبیاری در سه سطح (۶۰ (شاهد)، ۹۰ و ۱۲۰ میلی-متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و اثر کاربرد تلفیقی میکوریزا و فسفات بارور ۲ در چهار سطح شامل (عدم کاربرد میکوریزا و فسفات بارور ۲ (شاهد)، میکوریزا، فسفات بارور ۲، میکوریزا + فسفات بارور ۲) در کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثر فواصل آبیاری و اثر توأم میکوریزا + فسفات بارور ۲ بر ارتفاع بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد پروتئین معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد پروتئین در تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کمترین عملکرد پروتئین به تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت اختصاص یافت. نتایج نشان داد که کاربرد توأم میکوریزا + فسفات بارور ۲ عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. کمترین این صفات از عدم کاربرد میکوریزا + فسفات بارور ۲ به‌دست آمد. بهترین عملکرد دانه (۶۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار آبیاری پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور ۲ به‌دست آمد که نسبت به تیمار ۱۲۰ میلمتر تبخیر از تشت و عدم کاربرد میکوریزا + فسفات بارور ۲، ۴۰ درصد افزایش نشان داد. در مجموع به‌منظور دست‌یابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی، کشت گیاه ذرت با کاربرد اثر توأم میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده فسفات در شرایط ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A پیشنهاد می‌شود.

**واژه‌های کلیدی:** آبیاری، ارتفاع بوته، درصد پروتئین و کود بیولوژیک.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

**مقدمه**

آب از مهمترین عوامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان به‌ویژه در مناطق خشک است. هر سال خسارت زیادی از طریق خشکی در مناطق کشت ذرت به این گیاه وارد می‌شود. در مناطق گرمسیری عملکرد دانه ذرت به‌طور متوسط در حدود ۱۷ درصد کاهش می‌یابد، اما بسته به شدت تنش و زمان وقوع آن کاهش عملکرد می‌تواند به ۸۰ درصد هم برسد (Ribaut *et al.*, 2012). تأمین آب مورد نیاز در مراحل خاص رشد رویشی و زایشی ذرت دارای اهمیت می‌باشد (Silispour *et al.*, 2009). Ghassemi-Golezani و همکاران (۲۰۱۸) در مورد گیاه ذرت گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه (۶۲۸ گرم در متر مربع)، عملکرد بیولوژیک (۱۹۵۱ گرم در متر مربع) و شاخص برداشت (۳۶/۷۷ درصد) از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کمترین این صفات از تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت حاصل شد. Kanani و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی دورهای مختلف آبیاری در گیاه ذرت بیان نمودند که با کاهش آبیاری عملکرد بیولوژیک و شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نصراله‌زاده اصل و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی اثر تنش کم‌آبی بر خصوصیات زراعی ذرت گزارش نمودند که تنش خشکی باعث کاهش ۳۲/۶۷ درصدی عملکرد دانه، ۱۸/۵۹ وزن صد دانه و ۱۵/۷۱ درصدی غلظت کلروفیل شد. پژوهشگران زیادی در جهت برطرف نمودن اثرات سوء ناشی از تنش کمبود آب گزارش کردند که قارچ‌های میکوریزا می‌توانند اثرات نامطلوب این تنش را در گیاهان تقلیل دهند (Auge *et al.*, 2015). قارچ‌های میکوریزا به‌عنوان جزء اصلی در بیشتر اکوسیستم‌ها، اثرات مثبتی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان هم‌زیست دارند. در مطالعات بسیار زیادی به نقش قارچ‌های میکوریزا در افزایش توانایی گیاه در جذب بیشتر عناصر معدنی و آب اشاره شده است (Kapoor *et al.*, 2007). رابطه هم‌زیستی بین قارچ میکوریزا و انواع گیاهان با ایجاد شبکه گسترده هیفی این قارچ‌ها باعث افزایش جذب آب و مواد غذایی از طریق ریشه گیاهان و موجب افزایش رشد گیاه میزبان در طی دوره تنش خشکی می‌شود (Miransari, 2010). در کشاورزی ارگانیک علاوه بر کمیت تولید به کیفیت، ثبات و پایداری در تولید نیز توجه خاص می‌شود. با این حال به یک باره نمی‌توان کودهای شیمیایی را از اکوسیستم‌های زراعی حذف کرد، زیرا لازمه‌ی پایداری در کشاورزی، اطمینان از درآمد کافی و امنیت غذایی است. در این رابطه، کاربرد توأم کودهای معدنی، آلی و زیستی، نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه به ذخیره‌ی انرژی، کاهش آلودگی محیط و بهبود شرایط فیزیکی خاک کمک می‌کند (Singh *et al.*, 2000). کاهش منابع فسفات و همچنین آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از تولید و مصرف کودهای شیمیایی فسفاته، باعث رویکرد جدی به نسل جدیدی از کودها، تحت عنوان کودهای بیولوژیک شده است. کودهای بیولوژیک فسفاته حاوی باکتری‌ها و قارچ‌های مفید حل‌کننده فسفات هستند که معمولا با اسیدی کردن محیط خاک و یا ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث رهاسازی یون فسفات از ترکیبات نامحلول آن شده

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

که این امر باعث قابل جذب شدن فسفر توسط گیاهان می‌گردد (Karimi *et al*., 2011). گزارش شده است که وجود قارچ میکوریزا در محیط ریشه گیاه ذرت تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته است که این امر می‌تواند مربوط به تولید و ترشح ترکیبات تحریک‌کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد از جمله سیتوکینین باشد که توسط قارچ میکوریزا در خاک تولید می‌شود (Zhao *et al*., 2015). قورچیانی و همکاران (۱۳۹۱) با تأثیر قارچ میکوریزا آربسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت در شرایط آبیاری معمول و کم آبیاری اظهار داشتند که کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش زیست توده کل گیاه، اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه ذرت گشت می‌شود. هم‌چنین تلقیح بذر ذرت با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا و کاهش ۵۰ درصدی مصرف کودهای شیمیایی بدون کاهش عملکرد در گیاه ذرت گزارش شده است (Yazdani *et al*., 2009). غلامی و محمودی (۱۳۹۳) در گیاه ذرت گزارش نمودند که تلفیق میکوریزا و کود فسفر باعث افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین شد. تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر توأم میکوریزا و کود فسفات بارور ۲ بر عملکرد دانه و درصد پروتئین ذرت در فواصل مختلف آبیاری در منطقه حمیدیه طراحی و اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان حمیدیه در استان خوزستان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا انجام شد. مشخصات خاک‌شناسی محل تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

**جدول ۱: ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش**

| عمق نمونه برداری (سانتی‌متر) | هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) | واکنش گل اشباع | کربن آلی (درصد) | فسفر قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) | پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم) | نیتروژن (درصد) | بافت خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۰-۳۰ | ۳/۶۲ | ۷/۱ | ۰/۶ | ۸/۴ | ۱۵۱ | ۵/۳ | رسی لومی |

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل فواصل آبیاری در سه سطح (۶۰ (شاهد)، ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و اثر توأم میکوریزا و فسفات بارور۲ در چهار سطح شامل (عدم کاربرد میکوریزا و فسفات بارور ۲ (شاهد)، کاربرد میکوریزا، کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور ۲، فسفات بارور ۲) در کرت‌های فرعی اجرا شد. اولین آبیاری یک روز بعد از کشت انجام و تا مرحله چهار تا پنج برگی آبیاری‌ها بر اساس عرف منطقه انجام شد سپس تیمارهای آبیاری اعمال گردید. این آزمایش در مجموع ۳۶ کرت تشکیل شد. هر کرت شامل شش خط کاشت با فاصله ۷۵ سانتی‌متر به طول پنج

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

متر که فاصله بین بوته‌های روی ردیف ۱۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات تهیه بستر شامل شخم با گاو آهن برگردان‌دار، دیسک و در نهایت عملیات تسطیح با ماله بود. کود پایه به‌کار برده شده در مزرعه شامل کود نیتروژن از منبع اوره به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت تقسیط در دو مرحله (۵۰ درصد هم‌زمان با کاشت و ۵۰ درصد در مرحله شش برگی به‌صورت سرک) و کود فسفر نیز پس از محاسبه بر اساس ۹۰ کیلوگرم فسفر خالص از منبع سوپرفسفات تریپل در هنگام تهیه زمین بود. برای اعمال کود بیولوژیک فسفاته بارور ۲ نیز ابتدا کود مورد نظر (به‌مقدار ۱۰۰ گرم در هکتار) در یک ظرف ۱۰ لیتری پر از آب حل گردید، سپس بذور ذرت را قبل از کاشت به‌مدت ۱۰ دقیقه در این ظرف قرار داده و با محلول کودی (به‌صورت بذرمال) آغشته گردید. کود بیولوژیک فسفاته بارور ۲ به‌صورت تجاری می‌باشد که خریداری شد. کود زیستی بارور ۲ حاوی $۱۰^{۷}$ تا $۱۰^{۸}$ باکتری‌های حل‌کننده فسفات از گونه پانتوآ آگلومرانس (*Pantoea agglomerans*) سویه P5 و سودوموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida*) سویه P13 در هر گرم از محصول است که با تولید اسیدهای ارگانیک و آنزیم‌های فسفاتاز در اطراف ریشه باعث آزاد شدن یون فسفات می‌شوند. قارچ میکوریزا از گونه *Glomus mosseae* از کلکسیون میکروبی موسسه تحقیقات آب و خاک کرج می‌باشند. میزان میکوریزا حدود ۲۰ گرم در متر مربع (معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. در این تحقیق قارچ‌های میکوریزا را به اندازه دو سانتی‌متر با خاک پوشش داده و بذرها روی خاک کاشته شدند، سپس بذرها به اندازه سه سانتی‌متر با خاک پوشانده شدند. قارچ میکوریزا استفاده شده در این تحقیق شامل مخلوطی از شن، ماسه استریل، خاک ریشه، هیف قارچ و تعداد ۲۰ اسپور در هر گرم بود. عملیات کاشت در تاریخ ۲۶ تیر ماه ۱۳۹۷ به‌صورت دستی روی پشته‌ها در عمق سه تا چهار سانتی‌متری خاک کمی بالاتر از داغ‌آب انجام شد. اولین آبیاری یک روز بعد از کشت انجام و تا مرحله چهار تا پنج برگی آبیاری‌ها بر اساس عرف منطقه انجام شد. آبیاری‌های بعدی با توجه به تیمار آبیاری صورت پذیرفت. کنترل علف‌های‌هرز به صورت وجین دستی انجام شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه در هر کرت آزمایشی پس از حذف نیم‌متر از دو انتهای خطوط، تمامی بلال‌های موجود در خطوط سوم، چهارم و پنجم به طول دو متر مربع به‌صورت دستی برداشت و پس از خرمن‌کوبی و بوجاری وزن شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفت ارتفاع بوته (فاصله طوقه تا انتهای تاسل) طول ده عدد بوته کامل به‌طور تصادفی با استفاده از متر و با دقت در حد سانتی‌متر اندازه‌گیری و سپس میانگین آن‌ها محاسبه شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به‌صورت درصد محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری مقدار پروتئین دانه نیز با ضرب کردن درصد نیتروژن دانه در ضریب ۶/۲۵ میزان پروتئین موجود در دانه به‌دست آمد (Jones *et al.*, 1991). عملکرد پروتئین دانه نیز از حاصلضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه حاصل شد (Keeney and Nelson, 1982). تجزیه واریانس داده‌ها توسط نرم-افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

## نتایج و بحث

### ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که ارتفاع بوته تحت اثر فواصل آبیاری و کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور ۲ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش این دو عامل بر ارتفاع بوته اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۲). در جدول ۳ می‌توان مشاهده نمود که در بین سطوح مختلف فواصل آبیاری بیشترین ارتفاع بوته از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کمترین ارتفاع بوته به تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت اختصاص یافت. در این پژوهش تنش کمبود آب به کاهش پتانسیل تورگر در سلول گیاهی منجر شده و با تأثیر بر رشد و نمو سلول‌های ساقه از رشد طولی آن‌ها جلوگیری کرده و سبب کاهش ارتفاع بوته می‌گردد. در این رابطه De Souza و همکاران (۲۰۱۶) گزارش نمودند که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته ذرت شد. گزارشات Al-Kaisi و Yin (۲۰۰۳) نشان دهنده آن است که کمبود آب در مرحله رشد رویشی وزن کل اندام هوایی گیاه را کاهش می‌دهد. کمبود آب در مرحله رویشی گیاه از ارتفاع بوته و وزن کل اندام هوایی ذرت را به میزان ۱۵ تا ۱۷ درصد کاهش داد که نتایج این تحقیق را تأیید نمودند. هم‌چنین بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کاربرد توأم قارچ میکوریزا و فسفات بارور ۲ و کمترین ارتفاع بوته به تیمار عدم کاربرد میکوریزا و فسفات بارور ۲ (شاهد) اختصاص یافت (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد در این پژوهش کاربرد توأم قارچ میکوریزا و فسفات بارور ۲ از طریق گسترش شبکه هیفی در حین همزیستی با گیاه میزبان و تبدیل فسفر غیرقابل جذب به فرم قابل جذب و انتقال آن به ریشه گیاه میزبان، سبب افزایش ارتفاع گیاه به خصوص تحت شرایط تنش کمبود آب می‌گردد. در این رابطه Ghorbanian و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که با استفاده از مقدار مناسب کود فسفره و تلقیح با قارچ میکوریزی می‌توان در ارتفاع بوته ذرت افزایش ایجاد کرده و با کاهش مقدار کود فسفره و بدون تلقیح میکوریزای، کاهش ارتفاع و همچنین غلظت فسفر را در گیاه ذرت خواهیم داشت. هم‌چنین Zhao و همکاران (۲۰۱۵) در گیاه ذرت اظهار داشتند که تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا موجب افزایش رشد و تعداد گرهک در ریشه نسبت به گیاهان بدون تلقیح در شرایط مزرعه می‌شود. همچنین بیان نمودند که وجود قارچ میکوریزا در محیط ریشه گیاه تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته است و منجر به افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

### عملکرد دانه

اثر برهمکنش فواصل آبیاری و کود بیولوژیک بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). برهمکنش رژیم‌های آبیاری و اثر توأم قارچ میکوریزا و کود فسفر بر عملکرد دانه نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور ۲ (که با تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور ۲ تفاوت معنی‌داری نداشت) و پایین‌ترین عملکرد دانه مربوط به تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و عدم کاربرد میکوریزا و فسفات بارور ۲ تعلق گرفت (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد در این تحقیق کاربرد قارچ-های میکوریزا و کود فسفر به‌صورت توأم در شرایط تنش کم آبی، می‌توانند با استفاده از گسترش ریشه‌های خارجی و تغییر مورفولوژی ریشه گیاهان، سطح جذب ریشه و انتقال مواد غذایی به ریشه را افزایش دهند (Ghorbanian *et al*., 2012). هم‌چنین تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریسه‌های میکوریزا باعث می‌شود که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول درآید و برای ریشه قابل جذب گردد بنابراین همزیستی میکوریزا با ریشه از طریق جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود رشد و عملکرد دانه می‌گردد (James *et al*., 2008). از طرفی می‌توان اظهار داشت که نه تنها در شرایط تنش خشکی می‌توان با کاربرد قارچ میکوریزا تا حد زیادی عملکرد گیاه را بهبود بخشید، بلکه استفاده از عوامل بیولوژیک در شرایط آبیاری مطلوب نیز می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه گردد. هم‌چنین تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریشه‌های میکوریزا باعث می‌شود که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول درآید و برای ریشه قابل جذب گردد (Song, 2005). در این رابطه Ghassemi-Golezani و همکاران (۲۰۱۸) در ذرت گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه (۶۲۸ گرم در متر مربع)، از تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کمترین این صفات از تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت حاصل شد. هم‌چنان‌که مهرپویا و همکاران (۱۳۹۲) گزارش نمودند که سطوح مختلف تنش کم آبیاری موجب کاهش عملکرد گردید. ترکیب تیماری تنش و قارچ نیز بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. آن‌ها بیان داشتند استفاده از هم‌زیستی قارچ و گیاه به منظور کاهش خسارات ناشی از تنش کم آبیاری، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد وجود دارد که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

**جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ذرت متأثر از کودهای بیولوژیک و دورهای آبیاری**

| | | میانگین مربعات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| منابع تغییرات | درجه آزادی | ارتفاع بوته | عملکرد دانه | عملکرد بیولوژیکی | شاخص برداشت | درصد پروتئین | عملکرد پروتئین |
| تکرار (R) | ۲ | ۶/۴۷ ns | ۵۴۷/۲ ns | ۸۲۴۱ ns | ۲/۴۱ ns | ۰/۸۳ | ۱۰/۰۶ |
| فواصل آبیاری (I) | ۲ | ۴۹۷/۰۱** | ۹۲۰۴۲۰** | ۴۵۳۱۰** | ۲۸۳/۴۱** | ۱/۷۵* | ۱۰۷۱/۸۱** |
| خطای اصلی | ۴ | ۴۸/۰۳ | ۲۳۳۴۷/۸۳ | ۳۸۴۴ | ۲۶/۱۷ | ۰/۲۵۷ | ۴۵/۲۸ |
| میکروارگانیسم (M) | ۳ | ۳۴۱/۰۲* | ۸۰۹۴۵۰** | ۳۶۰۷۵** | ۲۰۱/۲۹** | ۰/۰۱ ns | ۹۰۰/۱۳ ** |
| I×M | ۶ | ۵/۹ns | ۳۲۰۲۲۰** | ۲۸۴۰۶* | ۰/۷۳ns | ۰/۰۲ ns | ۰/۳۵ ns |
| خطای فرعی | ۱۸ | ۴۰/۷۴ | ۲۱۸۵۴/۴۶ | ۳۰۰۴/۲۳ | ۱۷/۲۵ | ۰/۱۰۸ | ۲۰/۷۲ |
| ضریب تغییرات | - | ۳/۶ | ۳/۰۴ | ۴/۰۵ | ۱۱/۵۴ | ۳/۶۳ | ۱۰/۳۲ |

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد می‌باشد.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

**جدول۳: مقایسه میانگین اثر ساده فواصل آبیاری و تلفیق میکوریزا و فسفات بارور۲ بر صفات مورد مطالعه ذرت**

| تیمارها | میانگین صفات | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ارتفاع بوته (سانتی‌متر) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد بیولوژیکی (گرم در مترمربع) | شاخص برداشت (درصد) | میزان پروتئین (درصد) | عملکرد پروتئین (گرم در مترمربع) |
| **فواصل آبیاری** | | | | | | |
| **۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت** | a۱۸۹/۴۸ | a۱۸۹/۴۸ | a۱۴۸۸/۰۷ | a۳۸/۰۳ | c۸ | a۴۵/۲۸ |
| **۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت** | b۱۷۶/۸۲ | b۱۷۶/۸۲ | b۱۳۲۷/۸ | b۳۵/۶۳ | b۹/۱۴ | b۴۳/۲۳ |
| **۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت** | c۱۶۵/۰۶ | c۱۶۵/۰۶ | c۱۲۳۸/۰۱ | c۳۳/۷۶ | a۱۰/۰۳ | c ۴۱/۹۲ |
| **تلفیق میکوریزا و فسفات بارور۲** | | | | | | |
| **عدم کاربرد میکوریزا و فسفات بارور۲ (شاهد)** | c۱۶۶/۳۴ | c۱۶۶/۳۴ | c۱۲۷۷/۵۶ | c۳۴/۲۸ | a۸/۰۲ | c۳۵/۱۳ |
| **کاربرد میکوریزا** | b۱۷۸/۴۱ | b۱۷۸/۴۱ | b۱۳۴۶/۴۲ | ab۳۶/۴۲ | a۹/۱۳ | b۴۴/۷۴ |
| **کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور۲** | a۱۸۶/۲۵ | a۱۸۶/۲۵ | a۱۴۲۰/۸۳ | a۳۷/۲ | a۱۰/۰۶ | a۵۳/۱۷ |
| **فسفات بارور۲** | b۱۷۷/۴۸ | b۱۷۷/۴۸ | b۱۳۶۰/۳۶ | b۳۵/۷۷ | a۹ | b۴۳/۷۴ |

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری در هر تیمار ندارند.

## عملکرد بیولوژیکی

اثر برهمکنش فواصل آبیاری و کود بیولوژیک بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد بیولوژیک به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور ۲ (که با تیمار ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور ۲ تفاوت معنی‌داری نداشت) و پایین‌ترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و عدم کاربرد میکوریزا و فسفات بارور ۲ تعلق گرفت (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد در این تحقیق کاربرد قارچ میکوریزا و کود فسفر در افزایش شاخص‌های رویشی گیاه در شرایط تنش خشکی مؤثر بود به‌طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک در هم‌زیستی گیاه ذرت با مایکوریزا و کود فسفر به‌دست آمد و کمترین مقدار برای این صفت در تیمار شاهد حاصل شد. بنابراین گیاهان میکوریزا با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون میکوریزا، می‌توانند از شرایط تنش خشکی به‌طور موقت فرار کنند و کمتر دچار آسیب شوند و با بهبود رشد رویشی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد گردند که نتایج تحقیقات Ebadi و همکاران (۲۰۱۶) مؤید این مطلب می‌باشد. از طرفی Khalili و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه ذرت اظهار داشتند که توان فتوسنتزی در اثر محدود شدن گسترش

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

برگ در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد و روند اختصاصی ماده خشک به دانه محدود می‌گردد. نتایج تحقیقات ابوطالبیان و مالمیر (۱۳۹۶) موید آن است که بیشترین عمکرد بیولوژیک از کاربرد مایکوریزا به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد عدم کاربرد مایکوریزا ۴۱/۸۶ درصد افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه را در پی داشت. در همین راستا قورچیانی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش نمودند که قارچ میکوریزا با دارا بودن هیف‌ها و میسلیوم‌های درون و برون ریشه‌ای منطقه تخلیه ریشه را برای جذب آب و مواد غذایی گسترش می‌دهند و می‌توانند اثرات تنش‌های زیست‌محیطی از جمله تنش رطوبتی را به حداقل برسانند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

**جدول ۴: مقایسه میانگین صفات موردمطالعه در ذرت تحت اثر همزمان فواصل آبیاری و تلفیق میکوریزا و فسفات بارور۲**

| فواصل آبیاری | تلفیق میکوریزا و فسفات بارور۲ | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع) |
|---|---|---|---|
| ۶۰ میلیمتر تبخیر از تشت | عدم کاربرد مایکوریزا و فسفات بارور۲ (شاهد) | c۴۹۰۰/۴۶ | c ۱۳۶۷/۳۴ |
| | کاربرد مایکوریزا | b۵۵۶۰/۹ | b۱۵۱۰/۵۷ |
| | کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور۲ | a۶۱۰۰/۵۵ | a۱۶۰۰/۵۴ |
| | کاربرد فسفات بارور۲ | b ۵۵۱۰/۱۲ | b۱۴۸۳/۶۷ |
| ۹۰ میلیمتر تبخیر از تشت | عدم کاربرد مایکوریزا و فسفات بارور۲ (شاهد) | d۴۱۶۰/۸۸ | d۱۲۴۰/۴۲ |
| | کاربرد مایکوریزا | c۴۸۶۰/۸ | c۱۳۳۰/۴۴ |
| | کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور۲ | a۶۰۰۰/۴۶ | a۱۵۸۰/۶۲ |
| | کاربرد فسفات بارور۲ | c۴۷۲۰/۸ | cd۱۲۹۶/۷۶ |
| ۱۲۰ میلیمتر تبخیر از تشت | عدم کاربرد مایکوریزا و فسفات بارور۲ (شاهد) | e۳۵۴۰/۸۹ | e۱۱۴۹/۲ |
| | کاربرد مایکوریزا | d۴۰۷۰/۲۵ | d۱۲۵۸/۲۳ |
| | کاربرد توأم میکوریزا و فسفات بارور۲ | c۴۸۰۰/۵۴ | c۱۳۱۰/۷۷ |
| | کاربرد فسفات بارور۲ | d۴۰۵۰/۵۵ | de۱۲۱۴/۰۲ |

میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشابهی هستند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

### شاخص برداشت

شاخص برداشت تحت اثر فواصل آبیاری و کود بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش این دو عامل بر شاخص برداشت اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کمترین شاخص برداشت به تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت اختصاص یافت (جدول ۳). شاخص برداشت بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین بخش‌های رویشی گیاه و دانه می‌باشد. از آنجایی‌که یکی از اجزای محاسبه شاخص برداشت عملکرد دانه است، تغییرات شاخص برداشت وابستگی زیادی به تغییرات عملکرد

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]
[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

دانه دارد. در این رابطه Beigzadeh و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی اثر تنش خشکی گزارش نمودند که تنش خشکی شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری کاهش داد. از طرفی Setter (۲۰۰۰) اظهار داشت که کمبود آب از جمله عوامل محدود کننده رشد و نمو گیاه می‌باشد که علاوه بر کاهش ماده خشک تولیدی، موجب اختلال در تهسیم کربوهیدرات‌ها به دانه و در نتیجه کاهش شاخص برداشت می‌شود. در آزمایش Chimenti و همکاران (۲۰۰۲) وقوع تنش رطوبتی در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی اثر معنی‌داری روی شاخص برداشت گذاشت که با یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت. هم‌چنین نتایج دانه نشان داد (جدول ۳)، که بیشترین شاخص برداشت مربوط به تیمار کاربرد توأم قارچ میکوریزا و فسفات بارور۲ و کمترین شاخص برداشت به تیمار عدم کاربرد میکوریزا و فسفات بارور۲ (شاهد)، اختصاص یافت. در خصوص اثر همزیستی میکوریزایی بر شاخص برداشت، می‌توان اظهار داشت که هم-زیستی میکوریزایی با کود فسفر از طریق بهبود رشد و افزایش عملکرد دانه موجب افزایش در شاخص برداشت گردیده است. در همین راستا Raissi و همکاران (۲۰۱۲) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. نتایج تحقیقات ابوطالبیان و مالمیر (۱۳۹۶) حاکی از آن است که کابرد قارچ میکوریزا باعث افزایش ۷ درصدی شاخص برداشت شد. به احتمال، علت این امر می‌تواند تأثیر هورمونی مستقیم و یا غیرمستقیم این ریزجانداران بر گیاه و هم‌چنین تأثیر مثبت آن‌ها در افزایش عملکرد دانه باشد که باعث افزایش شاخص برداشت گیاه شده است، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

**درصد پروتئین**

اثر فواصل آبیاری بر درصد پروتئین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد، اما اثر ساده کود بیولوژیک و برهمکنش فواصل آبیاری و اثر کود بیولوژیک بر درصد پروتئین اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۲). بیشترین درصد پروتئین مربوط به تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کمترین درصد پروتئین به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت اختصاص یافت (جدول ۳). در تحقیق حاضر، تنش کمبود آب محتوی پروتئین دانه‌ها را افزایش داد. تحت تنش خشکی، به‌علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، از انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها کاسته شده و ذخیره نشاسته در آن‌ها کاهش می‌یابد که این امر موجب کوچک شدن دانه‌ها و افزایش درصد پروتئین می‌گردد. ضمن اینکه در شرایط تنش، گیاه با ساخت پروتئین‌های متحمل به تنش، میزان پروتئین‌های محلول خود را نیز افزایش می‌دهد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۰). در این رابطه میرشکاری و همکاران (۱۳۹۲) در ذرت گزارش نمودند که بیشترین میزان پروتئین در دور آبیاری ۶ روز دیرتر از آبیاری معمول منطقه (۱۲/۶ درصد) و کمترین میزان پروتئین از آبیاری معمول منطقه (۵ روز یکبار) (۹/۷۳ درصد) به‌دست آمد. آن‌ها افزایش میزان پروتئین دانه را در شرایط تنش خشکی، کمک به‌تنظیم و تعادل اسمزی سلول در شرایط تنش رطوبتی دانستند. از طرفی رضویان و همکاران (۱۳۹۱) گزارش نمودند که درصد پروتئین و عملکرد پروتئین دانه تحت تنش تأثیر

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

خشکی قرار گرفت، به‌طوری که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد پروتئین دانه در شرایط آبیاری کامل به‌دست آمد، اما بیشترین درصد پروتئین دانه تحت تیمار تنش در مرحله پر شدن دانه به‌دست آمد. هم‌چنین Daniel و Triboi (۲۰۰۸) به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی موجب افزایش درصد پروتئین دانه نسبت به شرایط مطلوب آبیاری گردید، آن‌ها دلیل این امر را کاهش انتقال مواد فتوسنتزی اعلام نمودند که باعث کاهش نسبت حجم آندوسپرم نشاسته‌ای به کل حجم دانه می شود و از آنجایی که درصد پروتئین در پوسته و جنین نسبت به آندوسپرم نشاسته‌ای بیشتر است، لذا درصد پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد که این نتایج با یافته‌های این تحقیق مطابقت داشت.

**عملکرد پروتئین**

عملکرد پروتئین تحت تأثیر فواصل آبیاری و کود بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد، اما برهمکنش این دو عامل بر عملکرد پروتئین اثر معنی‌دار نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد پروتئین مربوط به تیمار ۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کمترین عملکرد پروتئین به تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت اختصاص یافت (جدول ۳). عملکرد پروتئین دانه از حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین به‌دست می‌آید. با وجودی که درصد پروتئین در تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بیش از دو تیمار دیگر بود، اما با توجه به اینکه عملکرد دانه در دو تیمار دیگر نسبت به تیمار ۱۲۰ میلی‌متر تبخیر از تشت بسیار زیاد بود، عملکرد پروتئین در تیمار ۶۰ میلیمتر تبخیر از تشت بیش از تیمار تنش خشکی گردید. کاهش عملکرد پروتئین با افزایش تنش آب توسط قطاوی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش شده است. برخی از پژوهشگران بیان کردند که به هنگام بروز تنش خشکی شدت تنفس افزایش یافته و جذب مواد تقلیل و در نتیجه هیدرات‌های کربن ذخیره شده کاهش و عملکرد پروتئین به علت افزایش درصد پروتئین کاهش می‌یابد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۹۰). نتایج تحقیقات براتی و غدیری (۱۳۹۵) موید آن است که عملکرد پروتئین دانه با افزایش سطح تنش خشکی کاهش یافت، اما این کاهش فقط در شرایط تنش خشکی شدید نسبت به آبیاری کامل معنی‌دار بود. هم‌چنین بیشترین عملکرد پروتئین مربوط به تیمار کاربرد توأم قارچ میکوریزا و فسفات بارور۲ و کمترین عملکرد پروتئین به تیمار عدم کاربرد میکوریزا و فسفات بارور۲ (شاهد)، اختصاص یافت (جدول ۳). با توجه به معنی‌دار نشدن اثر قارچ میکوریزا و کود فسفات بارور۲ بر درصد پروتئین دانه، بالا بودن عملکرد دانه در تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و فسفات بارور۲ را می‌توان عامل اصلی بالا بودن عملکرد پروتئین در تیمار کاربرد قارچ میکوریزا دانست. بر این اساس Kaschuk و همکاران (۲۰۱۰) افزایش پروتئین دانه در اثر کاربرد قارچ میکوریزا را گزارش کردند. نکته حائز اهمیت در این نتایج این است که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و میکوریزا به مراتب تأثیر بیشتری نسبت به تیمار کاربرد میکوریزا و کود فسفات بارور۲ به‌صورت جداگانه بر عملکرد پروتئین داشته‌اند. از جمله دلایل آن می‌توان به قابلیت کودهای بیولوژیک آزاد کننده

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

فسفر در افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو (فسفر، پتاسیم و نیتروژن) و میکرو (مس، روی و آهن) اشاره کرد، نتایج به‌دست آمده از مطالعات Yazdani و همکاران (۲۰۰۹) یافته‌های حاصل از این تحقیق را تأیید می‌کنند. در این رابطه غلامی و محمودی (۱۳۹۳) در گیاه ذرت گزارش نمودند که تلفیق میکوریزا و کود فسفر باعث افزایش معنی‌دار عملکرد پروتئین شد. از طرفی Ebadi و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی قارچ مایکوریزا در گیاه ذرت گزارش نمودند که که کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش عملکرد پروتئین و عملکرد دانه ذرت ش، که نتایج این تحقیق را تأیید نمود.

## نتیجه‌گیری

به‌طور کلی می‌توان گفت که افزایش عملکرد دانه و میزان پروتئین گیاه با کاربرد تلفیق میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده فسفات قابل استفاده گیاه ارتباط داشته و به نقش مهم این عنصر در توسعه ریشه و جلوگیری از تجمع ترکیبات فسفره مرتبط می‌باشد. کاربرد تلفیق میکوریزا و باکتری‌های حل‌کننده فسفات در شرایط آبیاری نرمال و تنش کمبود آب باعث بهبود و افزایش عملکرد کمی و پروتئین گیاه گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده شرایط آبیاری ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشت و کاربرد تلفیق میکوریزا و فسفات بارور۲ موجب بهبود ۴۰ درصدی عملکرد دانه نسبت به عدم کاربرد میگوریزا و فسفات بارور۲ می‌شود.

## تشکر و قدردانی

این مقاله از طرح پژوهشی درون دانشگاهی تحت عنوان بررسی اثر توأم قارچ میکوریزا و فسفر بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت سینگل کراس ۷۰۴ تحت تنش کمبود آب در حمیدیه استخراج شده و هزینه آن توسط دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز تأمین گردیده است که بدین وسیله قدردانی می‌گردد.

## منابع

**ابوطالبیان، م. ع. و مالمیر، م. ۱۳۹۶.** تأثیر کاربرد مایکوریزا و برادی ریزوبیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در مقادیر مختلف کود نیتروژن. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۸(۴): ۹۱۱-۹۰۱.

**براتی، و. و غدیری، ح. ۱۳۹۵.** اثرات تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد و محتوای پروتئین دانه دو رقم جو. نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی. ۶(۲۰): ۲۰۸-۱۹۱.

**رضویان، ا.، نخزری مقدم، ع. و غلامی، ا. ۱۳۹۱.** اثر تنش خشکی و تلقیح مایکوریزا بر عملکرد دانه و تجمع پروتئین در نخود زراعی. همایش ملی محیط زیست و تولیدات گیاهی. ۶ صفحه.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

**غلامی، ع. و محمودی، م. ۱۳۹۳.** بررسی اثر قارچ مایکوریزا و مقادیر کود فسفر بر ویژگی‌های کمی و کیفی ذرت دانه‌ای سینگل کراس کارون. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۶(۲۲): ۱۱۶-۱۳۱.

**قطاوی، ح.، معافپوریان، غ.ر. و بحرانی، ع. ۱۳۹۱.** تاثیر محلول‌پاشی سولفات روی و دور آبیاری برعملکرد، اجزای عملکرد و میزان پروتئین ذرت دانه‌ای. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۴(۱): ۴۸-۳۷.

**قورچیانی، م.، علیخانی، ح.، اکبری، غ. ع.، زارعی، م. و اله‌دادی، ا. ۱۳۹۱.** تأثیر باکتری‌های حل‌کننده فسفات، قارچ میکوریزا آربسکولار و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت در شرایط آبیاری معمول و کم آبیاری در منطقه کرج. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰(۱): ۲۲۴-۲۱۴.

**مهرپویا، م.، غلامی، ا.، برادران فیروزآبادی، م. و قلی پور، م. ۱۳۹۲.** بررسی تأثیر هم‌زیستی قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بر عملکرد لوبیا چشم بلبلی (*vigna sinensis* L) در شرایط تنش کم آبیاری، دومین کنگره ملی کشاورزی ارگانیک، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی.

**میرشکاری، ف.، ناظری، پ.، میرآخوری، م.، جمشیدی، ن.، غفاری، م. و مرکزی، ا.ح. ۱۳۹۲.** اثر کود زیستی فسفاته بر عملکرد دانه و اجزای آن در ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کم آبی. اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳(۲۷): ۲۸۶-۲۷۷.

**نصراله‌زاده اصل، و.، شیری، م. ر.، محرم‌نژاد، س.، یوسفی، م. و باغبانی، ف. ۱۳۹۵.** اثر تنش خشکی بر خصوصیات زراعی و بیوشیمیایی سه هیبرید ذرت (*Zea mays* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸(۳۲): ۶۱-۴۵.

**نورمحمدی، ق.، سیادت، س. ق. و کاشانی، ع. ۱۳۹۰.** زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ص ۴۴۶.

**Al-Kaisi, M.M., and Yin, X. 2003.** Effects of nitrogen rate, irrigation rate, andplant population on corn yield and water use efficiency. American Society of Agronomy. 95: 1475-1482.

**Auge, R.M., Toler, H.D., and Saxton, A.M. 2015.** Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: A meta-analysis. Mycorrhiza. 25 (1): 13-24.

**Beigzadeh, S., Fatahi, K., Sayedi, A., Fatahi, F. 2013**. Study of the Effects of Late-Season Drought Stress on Yield and Yield Components of Irrigated Barley Lines within Kermanshah Province Temperate Regions. World Applied Programming. 3 (6): 226-231.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

**Chimenti, C., Pearson, A., and Hall, J. 2002.** Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crops Research. 75: 235-246.

**Daniel, C., and Triboi, E. 2008.** Changes in wheat protein aggregation during grain development: effects of temperature and water stress. Europa of Journal Agronomy. 16: 1-12.

**De Souza, T. C., Magalhaes, P.C., de Castro, E.M., Duarte, V.P., and Lavinsky, A.O. 2016**. Corn root morphoanatomy at different development stages and yield under water stress. Pesquisa Agropecuaria brasileira Brasília. 51(4): 330-339.

**Ebadi, M., Majnoun Hoseini, N., and Chayichi, M.R. 2016**. 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. Journal of Agricultural Science. 47(2):165-174.

**Ghassemi-Golezani, K., Heydari, Sh., Dalil, B. 2018.** Field performance of maize (*Zea mays* L.) cultivars under drought stress. Acta agriculturae Slovenica. 111(1): 25-32.

**Ghorbanian, D., Harutyunyan, S., Mazaheri, D., Rasoli, V., and Mohebi, A. 2012.** Influence of arbuscular mycorrhizal fungi and different levels of phosphorus on the growth of corn in water stress conditions. African Journal of Agricultural Research. 7(16): 2575-2580.

**James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E. and Tariq, H. 2008**. Effect of vesicular arboscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis. Pakistan Journal of Botany. 40 (5): 2217-2224.

**Jones, J., Wolf, B., and Mills, H. A. 1991.** Plant Analysis Handbook, Micro-macro. Publishing, Inc, Athens, GA.

**Kanani, E., Dehghanisanij, H., and Akhavan, S. 2016**. Effect of different irrigation methods and mulch on corn (*Zea Mayz.* L.) evapotranspiration, yield, water use efficiency in a semi-arid climate. 2nd World Irrigation Forum. 6-8 November 2016, Chiang Mai, Thailand.

**Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007.** Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in (*Artemisia annua* L.) Mycorrhiza. 17:581-587.

**Karimi, A., Sepehri, A., Hamzehei, J., and Salimi, G. 2011**. Biological phosphorus and nitrogen fertilizers impact on the quantity and quality of the herb borage under water stress. Journal of Plant Production Technology. 1: 37-50.

**Kaschuk, G., Leffelaar, P.A., Giller, K.E., Alberton, O., Hungria, M., Kuyper, T.W. 2010**. Responses of legumes to rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi: A metaanalysis of potential photosynthate limitation of symbioses. Soil Biology and Biochemistry. 42: 125-127.

**Keeney, D.R., and Nelson, D.W. 1982**. Nitrogen in organic forms. PP. 643-698. In: A. L. Page, R. H. Miller and D. R. Keeney (Eds.), Method of soil analysis. Part II.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

**Khalili, M., Naghavi, M.R., Pour Aboughadareh, A., and Naseri Rad, H. 2013.** Effects of Drought Stress on Yield and Yield Components in Maize cultivars (*Zea mays* L.). International Journal of Agronomy and Plant Production. 4 (4): 809-812.

**Miransari, M. 2010**. Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant growth under different types of soil stresses. Review article. Plant Biology. 12: 563-569.

**Raissi, A., Galavi, M., Ramroudi, M., Mousavi, S., and Rasoulizadeh, M. 2012**. Effects of Phosphate Bio-Fertilizer, Organic Manure and Chemical Fertilizers on Yield, Yield Components and Seed Capabilities of Isabgol (Plantago ovate). International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 24: 1821-1826.

**Ribaut, J.M., Betran, J., Monneveux, P., and Setter, T. 2012**. Drought tolerance in maize. In: Bennetzen, J.L., Hake, S.C. (Eds.), Handbook of Maize: Its Biology. Springer, New York, pp. 11–34.

**Setter, T.L. 2000.** Transport/ harvest index: Photosynthetic partitioning in stressed plants. P. 17-36 .Stress responses in plant: Adaptation and accumulation mechanism. Wiley- Liss, Inc. New Yourk. 14853.

**Silispour, M., Jafari, P., and Molla, C. 2009.** Effects of water stress on maize. Journal of Research in Agricultural Science. 2(2): 6-17.

**Singh, B., Singh, Y., Sadana, U.S., and Meelu, O.P. 2000**. Effect of green manure, wheat straw and organic manures on DTPA extractable Fe, MN, Zn and Cu in a calcareous sandy loam soil at field capacity and under waterlogged conditions. Journal Indian Socity Soil Science. 40(1): 114-118.

**Song, H. 2005.** Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. Journal of Biological Chemistry. 1: 44-48.

**Yazdani, M., Bahmanyar, M.A., Pirdashti, H., and Esmaili, M.A. 2009.** Effect of phosphate solubilizing microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.). International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering. 3(1): 87-96.

**Zhao, R., Guo, W., Bi, N., Guo, J., Zhang, J. 2015**. Arbuscular mycorrhizal fungi affect the growth, nutrient uptake and water status of maize grown in two types of coal mine spoils under drought stress. Applied Soil Ecology. 88: 41–49.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]

# Investigation quantitative and qualitative yield of maize (*Zea mayz* L.) under different irrigation intervals and mycorrhizal fungi and bacteria fertile phosphate

Kh. Payandeh[1*] and N. Derogar[2]

1) Department of Soil Sciences, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

2) Young Researchers and Elite Club, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

*** Corresponding author: payandeh426@gmail.com**

**Received date: 2019.08.25** **Accepted date: 2019.12.23**

## Abstract

**In order to investigate the effect of mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria on the quality traits and grain yield of Single Cross 704 maize under different irrigation intervals, the present experiment was conducted as split plots in a randomized complete blocks design with three replications in Hamidieh city in 2018 cropping year. Experimental treatments consisted of three levels of irrigation intervals (60 (control), 90 and 120 millimeter evaporation from Class A evaporation pan) in the main plots and the effect of combined application of mycorrhiza and fertilized phosphate 2 in four levels including (no use of mycorrhiza and fertilized phosphate 2 (control), mycorrhiza, fertile phosphate 2, Mycorrhiza + fertile phosphate 2) were in the sub-plots. The results showed that the effect of irrigation intervals and the combined effect of Mycorrhiza + fertile phosphate 2 on plant height, grain yield, biological yield, protein percentage were significant. The highest protein yield was obtained in 60 millimeter evaporation treatment from the pan and the lowest protein yield was allocated to 120 millimeter evaporation treatment from the pan .The results showed that combined application of mycorrhiza + fertilized phosphate 2 significantly increased grain yield and biological yield. The least of these traits were obtained from the absence of mycorrhiza + fertilized phosphate 2. The best grain yield (6000 kilogram per hectare) was obtained in irrigation treatment after 90 millimeter evaporation from the pan and combined application of mycorrhiza and fertilized phosphate 2, which increased 40 percent compared to 120 millimeter evaporation from the pan treatment and non-application of mycorrhiza + fertilized phosphate 2. In general, in order to achieve maximum quantitative and qualitative yield, the cultivation of maize plants using the combined effect of mycorrhiza and phosphate solubilizing bacteria in the conditions of 90 millimeter evaporation from the pan class A is recommended.**

**Keywords:** Irrigation, Plant height, Protein percent and Biological fertilizer.

[ Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26 ]

[ DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.44.8.9 ]