



## به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۵ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۲  
صفحه‌های ۱۶۳-۱۵۱

# تأثیرات هم‌زیستی مایکوریزا بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد سورگوم دانه‌ای تحت شرایط دوره‌های مختلف آبیاری

جواد حمزه‌ئی\*، فرشید صادقی می‌آبادی<sup>۲</sup>

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان - ایران  
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۰۹/۱۱

تاریخ وصول مقاله: ۹۲/۰۳/۱۱

### چکیده

در این تحقیق تأثیرات هم‌زیستی قارچ مایکوریزا و دورآبیاری بر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه ۲ رقم سورگوم، مطالعه شد. آزمایش مزرعه‌ای به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. دورآبیاری در ۳ سطح (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) در پلات‌های اصلی و ترکیب فاکتوریل ۲ رقم سورگوم (کیمیا و سپیده) و ۳ سطح تلقیح بذر (بدون تلقیح، تلقیح با *Glomus intraradices* و تلقیح با *Glomus mossea*) در پلات‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد بیشترین میزان شاخص سطح برگ (۴/۲۱)، سرعت رشد محصول (۵۰/۸ گرم در مترمربع در روز) و وزن خشک کل (۱۸۵۲/۵ گرم در مترمربع) بدون اختلاف معنی‌دار با دورآبیاری ۱۴ روز، در دورآبیاری ۷ روز به دست آمد. در مقایسه با تیمار بدون تلقیح، گونه موسه شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و وزن خشک کل را به ترتیب ۱۷/۴، ۱۱ و ۸/۶ درصد افزایش داد. رقم کیمیا نیز نسبت به رقم سپیده شاخص‌های رشد بالاتری داشت. بدون اختلاف معنی‌دار با گیاهان تلقیح‌شده با گونه موسه و دورآبیاری ۱۴ روز، بیشترین عملکرد دانه از گیاهان تلقیح‌شده با گونه موسه و دورآبیاری ۷ روز به دست آمد که در مقایسه با تیمار بدون تلقیح و دورآبیاری ۲۱ روز، عملکرد دانه را ۵۶/۴۷ درصد افزایش داد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که قارچ مایکوریزا به‌ویژه گونه موسه ویژگی‌های رشدی و عملکرد سورگوم را در شرایط کم‌آبیاری (دورآبیاری ۱۴ روز در مقایسه با ۷ روز) بهبود بخشید.

**کلیدواژه‌ها:** ذرت خوشه‌ای، سرعت رشد محصول، قارچ هم‌زیست، کم‌آبیاری، همبستگی.

## ۱. مقدمه

سورگوم گیاهی تک‌لپه‌ای از تیره غلات است که در ایران به آن ذرت خوشه‌ای گفته می‌شود. سورگوم یکی از گیاهان زراعی مهم در مناطق حاره‌ای و نیمه‌خشک است، به طوری که تحت شرایط خشکی شدید یا گرمای زیاد به خوبی محصول می‌دهد. این توانایی باعث شده است که لقب شتر گیاهان زراعی به آن داده شود و در نقاطی کشت می‌شود که برای کشت ذرت خیلی گرم و یا خشک است [۱]. از آنجا که بخش اعظم اراضی کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شوند و با توجه به اینکه از خشکی به‌عنوان شایع‌ترین تنش غیرزنده یاد می‌شود که گیاهان زراعی آن را تجربه می‌کنند، مطالعه راهکارهایی برای مقابله با این موضوع برای کشاورزان اهمیت اساسی دارد. کم‌آبیری راهبردی بهینه برای به‌عمل‌آوردن محصولات زراعی تحت شرایط کمبود آب است که با کاهش محصول همراه است. از کم‌آبیری به نام‌های دیگری مانند آبیاری بخشی و ناقص و کم‌آبیری تنظیم‌شده نیز یاد می‌شود [۱۱]. یکی از راهکارهای اساسی برای مقابله با تنش خشکی در گیاهانی مانند ذرت و سورگوم هم‌زیستی این گیاهان با میکروارگانیسم‌های خاک برای جذب بهتر آب و مواد غذایی است [۲۴].

قارچ‌ها موجوداتی هسته‌دار، اسپوردار، با روش تغذیه جذبی، دارای دیواره سلولی، هتروتروف، غیرمتحرک و بدون سیستم آوندی هستند و واکنش‌های اسیدی را ترجیح می‌دهند [۴، ۱۰]. قارچ‌های مایکوریزا از جمله میکروارگانیسم‌های خاک هستند که می‌توانند با ریشه طیف وسیعی از گیاهان هم‌زیستی ایجاد کنند و روی رشد گیاه میزبان اثر بگذارند [۹، ۱۶]. قارچ مایکوریزا، میزبان خود را با سیگنال‌های آزادشده از ریشه گیاه شناسایی و با آن هم‌زیستی ایجاد می‌کند. این قارچ در غیاب ریشه میزبان نمی‌تواند میسلیوم تشکیل دهد و چرخه زندگی خود را

کامل کند [۲۲]. به‌طور کلی، حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد از گیاهان از جمله سورگوم با این قارچ‌ها رابطه هم‌زیستی دارند، به طوری که در این گیاهان، مایکوریزا (نه ریشه) اندام اصلی جذب آب و عناصر غذایی محسوب می‌شود [۲۷]. مایکوریزا تعرق برگ را افزایش می‌دهد و سبب سهولت انتقال آب در گیاه می‌شود. قارچ مایکوریزا ارتباط آب با گیاه میزبان را با افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه‌ای با تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بهبود می‌بخشد، بنابراین، از این طریق محدودیت‌های حاصل از خشکی را می‌تواند برطرف کند و باعث افزایش عملکرد شود [۱۶]. ولی، در کشاورزی نوین، هدف نه فقط افزایش کمی، بلکه افزایش کیفی از طریق هم‌زیستی با این قارچ‌ها است. پژوهش‌های فریتاس و همکاران [۱۹] روی گیاه دارویی نعنای نشان داد که کاربرد ۴ گونه قارچ مایکوریزا موجب بهبود مقدار اسانس و میزان منتول آن نسبت به تیمار شاهد شد. در کشورهای دیگر که دارای اقلیم خشک هستند، نزولات جوی کم و منابع آب محدود است از این نظر استفاده بهینه از آب موجود کاملاً ضروری است و باید از حداقل آب، حداکثر بهره‌برداری لازم شود تا سطح بیشتری به زیر کشت برده شود. هدف اصلی از اجرای کم‌آبیری افزایش راندمان کاربرد آب از طریق کاهش میزان آب آبیاری در هر نوبت یا حذف آبیاری‌هایی است که کمترین میزان بازدهی را دارند [۱۸]. رشد گیاه مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیکی و شیمیایی است که به افزایش وزن خشک گیاه منجر می‌شود و تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد [۲۶]. بنابراین، تجزیه و تحلیل کمی رشد، روشی است برای توجیه و تفسیر عکس‌العمل‌های گیاه نسبت به شرایط محیطی که گیاه در طول دوره رشد خود با آن روبه‌رو می‌شود. با این روش شناخت بهتری از چگونگی انتقال مواد ساخته‌شده فتوسنتزی به اندام‌های مختلف و انباشت

سانتی‌متری خاک محل آزمایش، برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری شد. نتایج آزمون خاک، میزان اسیدیته و هدایت الکتریکی آن را به ترتیب ۷/۷ و ۰/۴۰۹ دسی‌زیمنس بر متر و بافت آن را لومی رسی با ۳۵ درصد رس، ۴۵ درصد سیلت و ۲۰ درصد شن نشان داد. میزان فسفر، پتاسیم و روی قابل جذب در خاک محل اجرای آزمایش به ترتیب ۸/۲، ۲۲۰ و ۰/۸۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. همچنین، درصد کربن آلی و نیتروژن کل به ترتیب ۰/۷۲ و ۰/۱۰ تعیین شد. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و کود پایه نیتروژن (۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار) و تمامی کود پتاس و فسفر (۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم و ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار) بر مبنای آزمون خاک و مطابق با توصیه کودی برای سورگوم در زمان کاشت مصرف شد. باقی‌مانده کود نیتروژن (۱۶۰ کیلوگرم اوره در هکتار) در مراحل ساقه‌روی و گل‌دهی مصرف شد.

هر کرت شامل ۵ ردیف کاشت به طول ۵ متر و فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها در روی ردیف نیز ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذور در دهم خردادماه ۱۳۹۰ کشت و در مرحله ۳-۴ برگی تنک شدند تا تراکم ۲۶ بوته در مترمربع حاصل شود. اعمال تیمار دورآبیاری از مرحله ۴ برگی شروع شد. گونه‌های قارچ مایکوریزای مورد استفاده در این تحقیق از کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک اسدآباد تهیه شد. شایان ذکر است که این قارچ‌ها به صورت خالص نبودند، بلکه همراه خاک به بازار مصرف ارائه می‌شوند. تعداد اسپور موجود در هر گرم از خاک برای هر ۲ گونه قارچ مایکوریزا ۱۲۰ اسپور است. روش کاشت بذر و استفاده از مایکوریزا این گونه بود که ابتدا در کنار پشته‌ها (محل داغ آب)، شیارهایی به عمق ۴ تا ۵ سانتی‌متر ایجاد شد و سپس، مقدار ۵ گرم از مایکوریزا به ازای هر بذر داخل شیارها ریخته شد [۷]. سپس، به منظور جلوگیری از

آن‌ها از طریق اندازه‌گیری ماده خشک تولیدشده در طول دوره رشد گیاه به دست می‌آید. هدف اصلی از روش تجزیه رشد و به‌کارگیری معادل‌های رشد، توضیح و توصیف چگونگی عکس‌العمل گیاه به شرایط محیطی و نیز تیمارهای به‌کاررفته روی گیاه است [۱۴]. بنابراین، با توجه به کم و محدودبودن نزولات جوی در ایران و نیز با در نظر گرفتن بحران آب در کشور، لزوم مدیریت آب آبیاری به‌ویژه در بخش کشاورزی که مصرف‌کننده عمده آب محسوب می‌شود، اهمیت قابل توجهی دارد. از طرفی با عنایت به اینکه یکی از وظایف مهم قارچ‌های مایکوریزا افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش خشکی است، بنابراین، ضرورت انجام پژوهش در خصوص بهینه‌سازی مصرف آب به‌عنوان مثال از طریق تعیین دور مناسب آبیاری و نیز استفاده از میکروارگانسیم‌هایی نظیر مایکوریزا که براساس گزارش‌های موجود در جذب آب به گیاه زراعی کمک می‌کنند، بیش از پیش احساس می‌شود. بنابراین، این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیرات مایکوریزا و دوره‌های مختلف آبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد سورگوم دانه‌ای و نیز تعیین همبستگی شاخص‌های فیزیولوژیک با عملکرد دانه اجرا شد.

## ۲. مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال زراعی ۱۳۹۰، اجرا شد. دورآبیاری در ۳ سطح (۷، ۱۴ و ۲۱ روز) در پلات‌های اصلی و ۲ رقم سورگوم (کیمیا و سپیده) به همراه تلقیح بذر در ۳ سطح (شاهد بدون تلقیح، تلقیح با گونه *Glomus intraradices* و تلقیح با گونه *Glomus mossea*) به‌صورت فاکتوریل در پلات‌های فرعی قرار گرفتند. قبل از اجرای آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. حداکثر شاخص سطح برگ ( $LAI_{max}$ )<sup>۱</sup>

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس مربوط به حداکثر شاخص سطح برگ (جدول ۱) نشان داد که اثر دورآبیاری، قارچ مایکوریزا و رقم هر ۳ در سطح احتمال ۱ درصد بر این ویژگی معنی‌دار شد. در بین تیمارهای مربوط به دورآبیاری، بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۲۱) بدون اختلاف با دورآبیاری ۱۴ روز به دورآبیاری ۷ روز تعلق گرفت و دورآبیاری ۲۱ روز با ۳/۰۱ کمترین مقدار را داشت (جدول ۲)، که این امر به دلیل تنش ناشی از کمبود آب در دورآبیاری ۲۱ روز است. گزارش شده است که تنش‌های مختلف محیطی از جمله تنش خشکی از طریق کاهش تولید و سرعت بخشیدن به پیری برگ‌ها، شاخص سطح برگ گیاهان زراعی را کاهش می‌دهند [۱۵].

شاخص سطح برگ تحت تأثیر مایکوریزا قرار گرفت، به طوری که بیشترین میزان این شاخص (۴/۰۸) از گونه گلوموس موسه و کمترین این مقدار که معادل ۳/۳ بود از تیمار شاهد (بدون تلقیح) به‌دست آمد. هریک از گونه‌های موسه و ایتنرادیسز شاخص سطح برگ سورگوم را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۷ و ۱۱ درصد افزایش دادند (جدول ۲). بنابراین، به نظر می‌رسد که قارچ مایکوریزا از طریق برقراری هم‌زیستی با ریشه گیاه، می‌تواند فسفر و آب را از بافت خاک جذب کند و آن را در اختیار گیاه قرار دهد و در نتیجه رشد گیاه بهبود یابد. مقایسه میانگین اثر رقم بر شاخص سطح برگ نشان داد که رقم کیمیا بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۱) را به خود اختصاص داد (جدول ۲). رقم کیمیا دارای شاخص سطح برگی با ۱۷/۳ درصد بیشتر از رقم سپیده بود. این امر می‌تواند به دلیل بیشتر بودن درصد هم‌زیستی ریشه رقم کیمیا با مایکوریزا در مقایسه با

تأثیر منفی نور بر قارچ، بلافاصله بذر سورگوم روی این مایه تلقیح قرار گرفت و روی آن با خاک پوشانده شد. پس از اتمام عملیات کاشت، برای تأمین رطوبت کافی در خاک، بلافاصله مزرعه آبیاری شد.

برای اندازه‌گیری عملکرد دانه سورگوم، پس از رسیدگی فیزیولوژیک با رعایت حاشیه، ۲ مترمربع از هر کرت انتخاب و صفت مورد نظر اندازه‌گیری شد. همچنین، به منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رشد ۳۰ روز پس از کاشت، به فاصله هر ۱۴ روز یک‌بار تعداد ۳ بوته از هر کرت انتخاب و این عمل در ۶ نوبت تکرار شد. سطح برگ سورگوم در هر واحد آزمایشی براساس فرمول  $A = L \times W \times 0.75$  اندازه‌گیری شد که در این رابطه، L: طول برگ (سانتی‌متر)، W: بزرگ‌ترین عرض برگ (سانتی‌متر) و A: مساحت هر برگ است [۸]. برای اندازه‌گیری وزن خشک کل، اندام‌های گیاهی برای مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک آن‌ها تعیین شد. برای تعیین روند تغییرات وزن خشک کل از رابطه  $TDW = EXP(a + bT + cT^2)$  و برای محاسبه سرعت رشد محصول از فرمول  $CGR = NAR \times LAI$  استفاده شد.

مقدار سرعت جذب خالص نیز از فرمول  $NAR = (b + rcT) \times EXP[(a - a') + (b - b')T + (c - c')T^2]$  محاسبه شد. در این معادله‌ها  $a, b, c, a', b', c'$  ضرایب معادله‌های رگرسیونی و T زمان بر حسب روز است [۲۰]. در این تحقیق مقادیر حداکثر مربوط به شاخص‌های سطح برگ، سرعت رشد محصول و وزن خشک کل در تیمارهای مختلف آنالیز واریانس و مقایسه میانگین شدند. پس از جمع‌آوری داده‌ها تمامی محاسبه‌های آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها، مطابق طرح آماری، به کمک نرم‌افزار SAS و آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) انجام شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

1. Maximum leaf area index

تأثیرات هم‌زیستی مایکوریزا بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد سورگوم دانه‌ای تحت شرایط دوره‌های مختلف آبیاری

سطح برگ در هر ۲ رقم روند مشابهی داشت؛ ولی، گونه‌ی موسه، تأثیر بیشتری بر این روند داشت و باعث افزایش شیب در مرحله‌ی رشد سریع شد. گیاهان تیمار شده با مایکوریزا به‌علت رشد سریع‌تر و زودتر کامل کردن دوره‌ی رشد رویشی و همچنین، استفاده بهتر از آب و عناصر غذایی، سطح برگ بیشتری نسبت به گیاهان شاهد (بدون تلقیح) داشتند (شکل ۱). در آزمایشی اثر ۲ گونه از قارچ مایکوریزا (*Glomus intraradices* و *Glomus etunicatum*) روی ماشک مطالعه و گزارش شد که قارچ مایکوریزا سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول شد [۲۳]. علت این امر به بهبود شرایط رشدی گیاه از طریق افزایش قابلیت دسترسی به آب و عناصر غذایی در گیاهان مایکوزیایی نسبت داده شده است [۱۲].

رقم سپیده باشد که در نتیجه این امر قابلیت دسترسی رقم کیمیا به منابع مورد نیاز در رشد بیشتر از رقم سپیده است و متعاقب آن رشد گیاه و شاخص سطح برگ آن افزایش یافته است.

تغییرات شاخص سطح برگ در طول زمان روند سیگموئیدی داشت؛ بدین صورت که مقدار LAI در مراحل اولیه‌ی رشد گیاه به دلیل تعداد کم برگ و کوچک بودن آن‌ها کم بود، ولی به تدریج با رشد گیاه و افزایش تعداد و اندازه برگ‌ها، LAI نیز افزایش یافت و حدود ۸۰ روز پس از کاشت، به حداکثر خود رسید. در این حالت مدتی ثابت ماند و سپس، با پیرشدن گیاه و ریزش برگ‌ها، LAI نیز کاهش یافت. یکی از تأثیرات تنش کم‌آبی، کوچک شدن برگ‌ها است و در این آزمایش نیز تنش کم‌آبی شاخص سطح برگ را در هر ۲ رقم کاهش داد. تغییرات شاخص

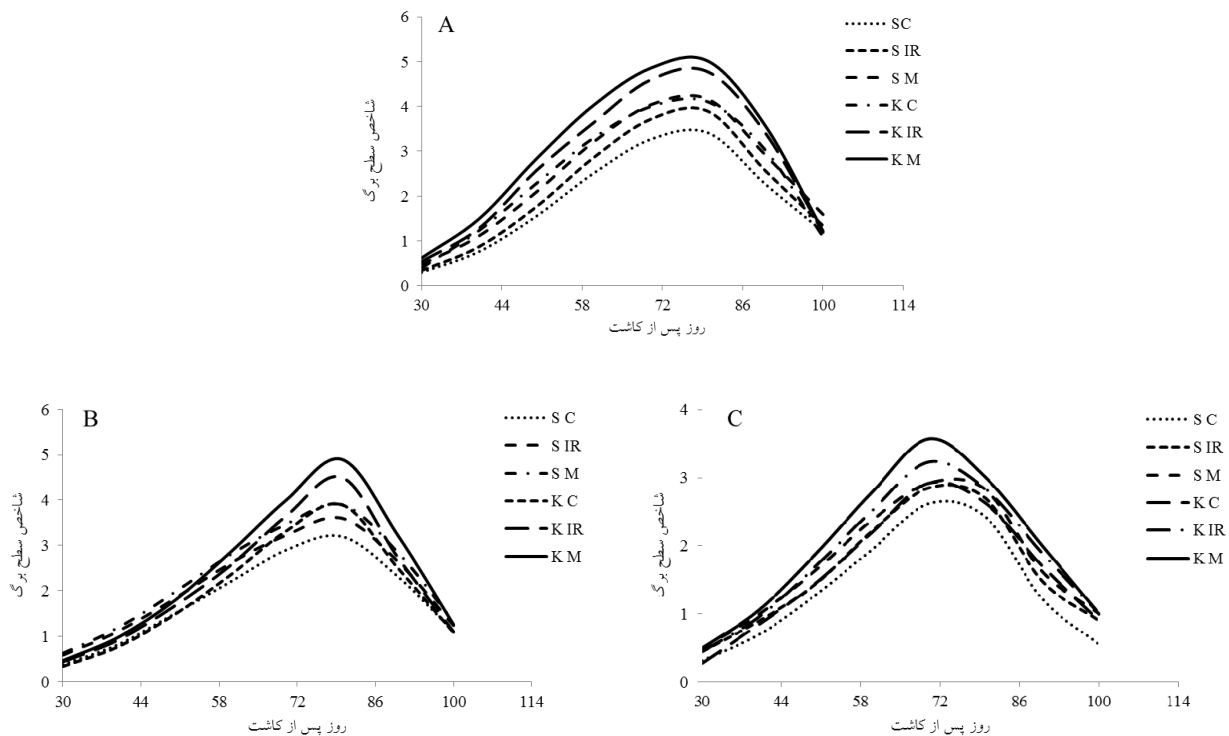
جدول ۱. تجزیه واریانس اثر دورآبیاری، مایکوریزا و رقم بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد دانه سورگوم

میانگین مربعات					
منبع تغییر	درجه آزادی	حداکثر شاخص سطح برگ	حداکثر سرعت رشد محصول	حداکثر وزن خشک کل	عملکرد دانه
بلوک	۲	۰/۱۶ <sup>ns</sup>	۹/۰۱ <sup>ns</sup>	۵۲۰۶۴۲ <sup>**</sup>	۵۲۸۳۱ <sup>**</sup>
دورآبیاری (I)	۲	۷/۴۲ <sup>**</sup>	۱۷۸۴/۳۱ <sup>**</sup>	۸۴۰۷۲۷ <sup>**</sup>	۳۲۹۰۹۴ <sup>**</sup>
خطای اصلی	۴	۰/۱۹	۳۰/۱۸	۳۸۴۲۷	۱۳۰۷
قارچ میکوریزا (M)	۲	۲/۲۹ <sup>**</sup>	۱۲۴/۵۵ <sup>**</sup>	۱۱۲۸۱۶ <sup>**</sup>	۲۳۲۸۹۶ <sup>**</sup>
رقم (C)	۲	۶/۹۱ <sup>**</sup>	۹۳/۷۹ <sup>*</sup>	۱۶۷۶۹۳ <sup>**</sup>	۱۷۱۵۴۹ <sup>**</sup>
M×I	۴	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۰/۷۵ <sup>ns</sup>	۳۲۴۴ <sup>ns</sup>	۱۶۱۲۱ <sup>*</sup>
C×I	۴	۰/۲۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۲۵۲۴ <sup>ns</sup>	۱۲۳۴۱ <sup>ns</sup>
C×M	۴	۰/۰۶ <sup>ns</sup>	۱/۵۷ <sup>ns</sup>	۴۱۴۶ <sup>ns</sup>	۱۸۶۵ <sup>ns</sup>
C×M×I	۸	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۹۵ <sup>ns</sup>	۳۲۵۵ <sup>ns</sup>	۹۸۰۶ <sup>ns</sup>
خطای فرعی	۴۸	۰/۰۸	۱۷/۹۵	۲۰۶۸۱	۶۰۷۳
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۹۲	۹/۸۲	۸/۴۶	۱۳/۶

\*\* معنی دار در سطح ۱ درصد، \* معنی دار در سطح ۵ درصد، ns بدون اثر معنی دار

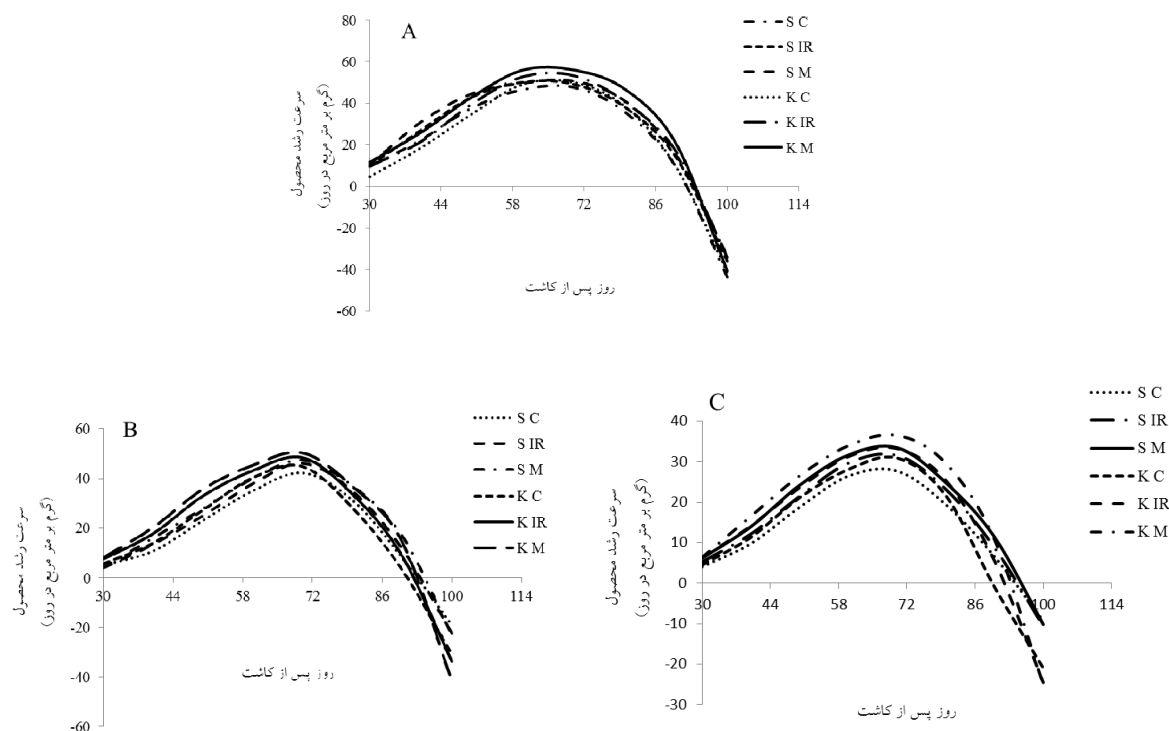
جدول ۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول و وزن خشک کل در سورگوم

تیمار	حداکثر شاخص سطح برگ	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز)	حداکثر وزن خشک کل (گرم بر مترمربع)
دورآبیاری	۷ روز	۴/۲۱	۱۸۵۲/۵
	۱۴ روز	۴/۰۱	۱۷۹۳
	۲۱ روز	۳/۰۱	۱۴۵۲/۳
	LSD (۵ درصد)	۰/۴۰	۱۸۱/۴۲
قارچ میکوریزا	شاهد	۳/۳۷	۱۶۱۰/۲
	اینترادیسز	۳/۷۹	۱۷۲۴/۲
	موسه	۴/۰۸	۱۷۶۲/۱
	LSD (۵ درصد)	۰/۲۰	۹۷/۹
رقم	کیمیا	۴/۱۰	۱۷۵۵/۸
	سپیده	۳/۳۹	۱۶۴۳/۶
	LSD (۵ درصد)	۰/۱۶	۷۹/۹۳



شکل ۱. اثر مایکوریزا (C: شاهد، IR: گونه اینترادیسز و M: گونه موسه) و رقم (K: کیمیا و S: سپیده) بر روند تغییرات شاخص سطح برگ سورگوم در دورآبیاری (A) ۷ و (B) ۱۴ و (C) ۲۱ روز

تأثیرات هم‌زیستی مایکوریزا بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد سورگوم دانه‌ای تحت شرایط دوره‌های مختلف آبیاری



شکل ۲. اثر مایکوریزا (C: شاهد، IR: گونه‌ایترادیسز و M: گونه‌ی موسه) و رقم (K: کیمیا و S: سپیده) بر روند تغییرات سرعت رشد محصول سورگوم در دورآبیاری ۷ (A) ۱۴ (B) و ۲۱ (C) روز

دوره‌های آبیاری ۷ و ۱۴ روز را می‌توان به بالا بودن شاخص سطح برگ در این تیمارها نسبت داد. به عبارت دیگر، در دورآبیاری ۲۱ روز، به دلیل تنش خشکی اعمال شده بر سورگوم سرعت رشد محصول کاهش یافت که این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران نیز هماهنگ است [۱۳]. همچنین، کاربرد هر ۲ گونه از قارچ مایکوریزا در مقایسه با تیمار شاهد (بدون تلقیح) سرعت رشد محصول را افزایش داد. بیشترین سرعت رشد محصول (۴۵/۴ گرم بر مترمربع در روز) مربوط به گونه‌ی موسه و کمترین این مقدار که معادل ۴۰/۲ گرم بر مترمربع در روز بود، به تیمار شاهد تعلق گرفت. همچنین، گونه‌ی ایتترادیسز با ۴۳/۶ گرم بر مترمربع در روز، سرعت رشد محصول بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشت. به طوری که، گونه‌ی موسه و گونه‌ی ایتترادیسز سرعت رشد محصول را در مقایسه با شاهد

### ۲.۳. حداکثر سرعت رشد محصول (CGR<sub>max</sub>)<sup>۱</sup>

با تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) مشخص شد که حداکثر سرعت رشد محصول به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای دورآبیاری، مایکوریزا و رقم قرار گرفت. در این تحقیق مشخص شد که دورآبیاری ۷ روز با ۵۰/۸ گرم بر مترمربع در روز، بیشترین سرعت رشد محصول و دورآبیاری ۲۱ روز، با ۳۱/۶ گرم بر مترمربع در روز، کمترین سرعت رشد محصول را به خود اختصاص دادند، ولی بین دورآبیاری ۷ و ۱۴ روز از نظر این ویژگی تفاوتی وجود نداشت. دورآبیاری ۲۱ روز سرعت رشد محصول را در مقایسه با دورآبیاری ۷ روز به میزان ۳۷/۷۹ درصد کاهش داد (جدول ۲). بالا بودن سرعت رشد محصول در

1. Maximum crop growth rate

کم‌آبی است [۱۴]. در این تحقیق قارچ مایکوریزا نسبت به بدون تلقیح (شاهد) باعث افزایش سرعت رشد محصول شد (شکل ۲). دلیل افزایش سرعت رشد محصول در شرایط کاربرد قارچ مایکوریزا، مکانیزم عمل این قارچ است. ریشه‌های قارچ مایکوریزا به ۲ دسته تقسیم می‌شوند، تعدادی از آن‌ها وارد سیستم گیاه و نیز سبب کاهش غلظت آبسزیک اسید می‌شوند و میزان سیتوکینین را افزایش می‌دهند، این عمل سبب افزایش جذب آب و گسترش سیستم ریشه‌های گیاه می‌شود. دسته دوم از ریشه‌ها خارج از سیستم ریشه هستند، این ریشه‌ها از خود، اسیدهای آلی محلول‌کننده فسفر نظیر اسید مالیک ترشح می‌کنند که جذب فسفر از طریق گیاه را افزایش می‌دهند و باعث افزایش سرعت رشد گیاه می‌شوند [۲۱].

### ۳.۳. حداکثر وزن خشک کل (TDWmax)<sup>۱</sup>

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس مربوط به حداکثر وزن خشک کل (جدول ۱) نشان می‌دهد که تأثیرات ساده دورآبیاری، مایکوریزا و رقم در سطح احتمال ۱ درصد بر این ویژگی معنی‌دار است، ولی تأثیرات متقابل بر این ویژگی معنی‌دار نشد. در بین تیمارهای دورآبیاری، بیشترین و کمترین وزن خشک کل که به‌ترتیب معادل ۱۸۵۲/۵ و ۱۴۵۲/۳ گرم بر مترمربع است در دورآبیاری ۷ و ۲۱ روز به‌دست آمد. با وجود این، بین دوره‌های آبیاری ۷ و ۱۴ روز از نظر حداکثر وزن خشک کل تفاوتی وجود نداشت. دورآبیاری ۲۱ روز در مقایسه با دوره‌های آبیاری ۷ و ۱۴ روز به‌ترتیب ۲۱/۶ و ۱۹/۲ درصد وزن خشک کل را کاهش داد (جدول ۲). در شرایط دورآبیاری ۲۱ روز به‌دلیل پایین بودن ظرفیت فتوسنتزی گیاه و سرعت رشد محصول، وزن خشک کل به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. گزارش

به‌ترتیب ۱۱ و ۷/۷ درصد افزایش دادند (جدول ۲). نتایج این تحقیق با یافته‌های ولدآبادی و همکاران [۱۴] هماهنگ است. مقایسه میانگین ارقام حاکی از این است که رقم کیمیا با ۴۴/۴ گرم بر مترمربع در روز و رقم سپیده با ۴۱/۸ گرم بر مترمربع در روز به‌ترتیب بیشترین و کمترین سرعت رشد محصول را به خود اختصاص دادند. رقم کیمیا برتری ۵/۸ درصدی در سرعت رشد محصول نسبت به رقم سپیده داشت که این تفاوت به لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۲). از آنجا که همبستگی مثبتی بین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول وجود دارد [۲]، بنابراین، بالابودن سرعت رشد محصول در رقم کیمیا را می‌توان به بالابودن شاخص سطح برگ این رقم نسبت داد.

حداکثر سرعت رشد محصول معمولاً با شروع گل‌دهی مطابق است و با شروع رسیدگی به‌دلیل توقف رشد رویشی و اتلاف و پیرشدن برگ‌ها کاهش می‌یابد [۳]. نتایج (شکل ۲) نشان می‌دهد که سرعت رشد محصول در هر ۲ رقم مورد استفاده روندی مشابه تغییرات شاخص سطح برگ داشت. این شاخص در مراحل اولیه به‌دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و پایین بودن جذب نور، کم است، ولی متناسب با افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش جذب نور ورودی به کانوبی، سرعت رشد نیز افزایش می‌یابد. این شاخص حدود ۷۲ روز پس از سبزشدن به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن کاهش یافت و در مراحل پایانی دوره رشد، منفی شد؛ زیرا گیاه به جای تولید مواد جدید بیشتر به انتقال مواد می‌پردازد و در مرحله رسیدگی دانه‌ها، برگ‌ها زرد می‌شوند و ریزش می‌کنند که سبب ازبین‌رفتن فتوسنتز و منفی شدن سرعت رشد محصول می‌شود. در شرایط بدون تنش، دسترسی بهتر به آب و مواد غذایی کافی موجب افزایش شاخه‌های جانبی و افزایش سطح برگ و گستردگی کانوبی در گیاه می‌شود، بنابراین، در این شرایط سرعت رشد محصول بیشتر از شرایط تنش

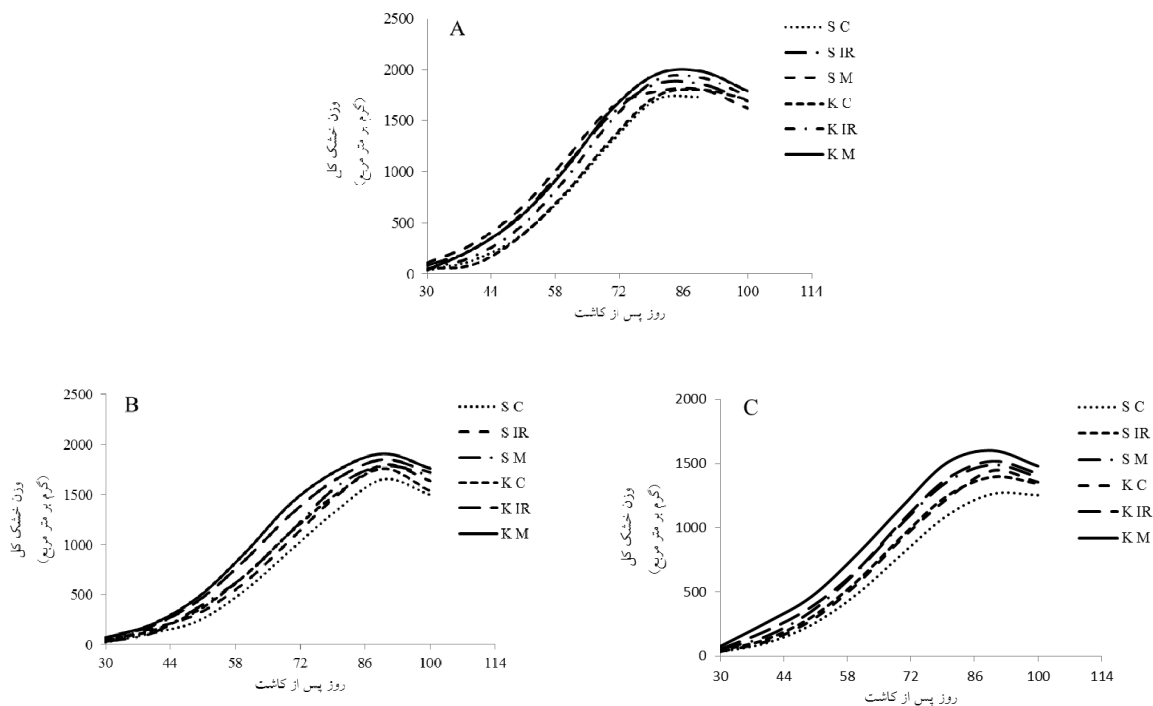
1. Maximum total dry weight



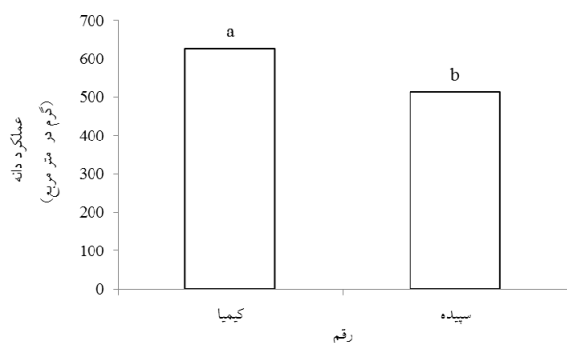
## تأثیرات هم‌زیستی مایکوریزا بر شاخص‌های فیزیولوژیک و عملکرد سورگوم دانه‌ای تحت شرایط دورهای آبیاری

مایکوریزایی باشد که بیشتر از این نیز چنین نتایجی گزارش شده است [۱۷]. همچنین، در آزمایشی علت افزایش سرعت فتوسنتز در گیاهان مایکوریزایی را به افزایش وزن مخصوص برگ، فعالیت بیشتر آنزیم روبیسکو و میزان انتقال الکترون نسبت داده‌اند [۲۸]. با مقایسه ارقام از نظر ماده خشک کل نیز مشخص شد که بیشترین وزن خشک کل (۱۷۵۶ گرم بر مترمربع) از رقم کیمیا حاصل شد که در مقایسه با رقم سپیده افزایش ۳/۸ درصدی داشت (جدول ۲). دلیل بالابودن وزن خشک کل رقم کیمیا، شاخص سطح برگ بالا و سرعت رشد محصول بیشتر این رقم نسبت به رقم سپیده است. وزن خشک کل گیاه از مجموع وزن خشک برگ‌ها، ساقه‌ها و دانه‌ها در واحد سطح به دست می‌آید.

شده است که کم‌آبیاری در مراحل مختلف رشد ذرت، سطح برگ ذرت را کاهش می‌دهد و در نتیجه کاهش رشد، ماده خشک کل گیاه نیز کاهش می‌یابد [۲۵]. نتایج آزمایش حاضر نشان داد گونه موسه با ۱۷۶۲ گرم بر مترمربع، بیشترین وزن خشک کل و تیمار بدون تلقیح (شاهد) با ۱۶۱۰ گرم بر مترمربع، کمترین وزن خشک کل را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). گونه‌های قارچ مایکوریزا در مقایسه با تیمار بدون تلقیح وزن خشک کل را افزایش دادند، ولی بین گونه موسه و اینترادیسز از نظر وزن خشک کل تفاوتی وجود نداشت. گونه‌های موسه و اینترادیسز در مقایسه با شاهد، وزن خشک کل را به ترتیب ۸/۶ و ۵/۲ درصد افزایش دادند. به نظر می‌رسد که علت این امر افزایش سرعت فتوسنتزی در گیاهان



شکل ۳. اثر مایکوریزا (C: شاهد، IR: گونه اینترادیسز و M: گونه موسه) و رقم (K: کیمیا و S: سپیده) بر روند تغییرات وزن خشک کل سورگوم در دور آبیاری ۷ (A) ۱۴ (B) و ۲۱ (C) روز

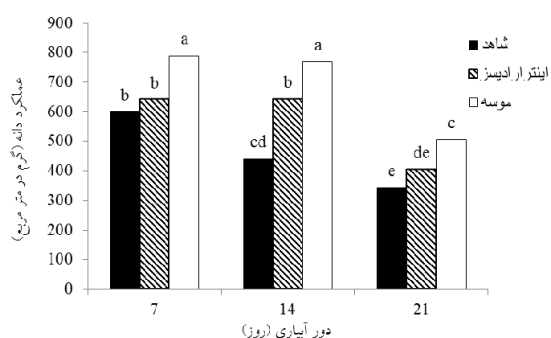


شکل ۵. مقایسه میانگین اثر رقم بر عملکرد دانه سورگوم

### ۴.۳. عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از این است که اثر متقابل دورآبیاری در میکوریزا بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل دورآبیاری در میکوریزا از نظر عملکرد دانه نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۷۸۸ گرم در مترمربع) را گیاهان تیمار شده با گونه موسه در دورآبیاری ۷ روز به خود اختصاص دادند، ولی بین این تیمار و گیاهان تیمار شده با گونه موسه در دورآبیاری ۱۴ روز تفاوت آماری از نظر عملکرد دانه مشاهده نشد. به عبارتی گونه موسه توانست در شرایط کم‌آبیاری (دورآبیاری ۱۴ روز) عملکرد دانه سورگوم را افزایش دهد. با توجه به برتری تیمارهای مذکور از نظر شاخص‌های رشدی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی در دورآبیاری ۲۱ روز، بنابراین، برتری آن‌ها از نظر عملکرد دانه نیز دور از انتظار نیست. کمترین عملکرد دانه (۳۴۳ گرم در مترمربع) را گیاهان غیرمیکوریزایی در دورآبیاری ۲۱ روز به خود اختصاص دادند. این تیمار در مقایسه با گیاهان تیمار شده با گونه موسه در دورآبیاری ۷ روز عملکرد دانه را ۵۶/۴ درصد کاهش داد (شکل ۴). تنش خشکی با تأثیر منفی در رشد و نمو اندام‌های زایشی ذرت موجب کاهش اجزاء عملکرد و به موازات آن کاهش عملکرد دانه شده است [۵]. همچنین،

شکل ۳ نشان می‌دهد که روند تغییرات ماده خشک کل در هر رقم تحت تأثیر میکوریزا بود و دورآبیاری روند مشابهی داشت. ماده خشک کل در دورآبیاری ۷ روز در بالاترین سطح قرار گرفت و تیمارهای تلقیح با قارچ در ۳ دورآبیاری، نسبت به شاهد بیشترین ماده خشک کل را به خود اختصاص دادند. به نظر می‌رسد دلیل این امر از جذب بهتر آب و مواد غذایی و تولید بیشتر پوشش گیاهی و در نتیجه جذب بیشتر تشعشع در گیاهان تیمار شده با میکوریزا ناشی می‌شود. همچنین، با توجه به اینکه تجمع ماده خشک بستگی کامل به شاخص سطح برگ دارد و اینکه در این تحقیق شاخص سطح برگ گیاهان تیمار شده با قارچ بیشتر از تیمار شاهد بود، می‌توان انتظار داشت که میزان وزن خشک گیاهان تلقیح شده بالاتر باشد. در گیاهان میکوریزایی تجمع ماده خشک کل در تمام دوران رشد بیشتر از بدون تلقیح بود که این امر نشان‌دهنده پتانسیل بالاتر بوته‌های حاصل از تلقیح در تولید و ذخیره مواد فتوسنتزی در شرایط آزمایش است. همچنین، رقم کیمیا نسبت به رقم سپیده در هر ۳ دورآبیاری وزن خشک کل بالاتری داشت که علت آن، بیشتر بودن شاخص سطح برگ بود و همچنین، سرعت رشد محصول بیشتر این رقم نسبت به رقم سپیده است.



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل دورآبیاری در میکوریزا بر عملکرد دانه سورگوم

### ۵.۳. همبستگی عملکرد دانه سورگوم با شاخص‌های فیزیولوژیک

نتایج همبستگی ساده نشان داد که بین همه صفات و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد وجود دارد (جدول ۳). عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با شاخص سطح برگ ( $r=0/89^{**}$ )، سرعت رشد محصول ( $r=0/84^{**}$ ) و وزن خشک کل ( $r=0/87$ ) نشان داد. شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری با سرعت رشد محصول ( $r=0/88^{**}$ )، وزن خشک کل ( $r=0/91^{**}$ ) نشان داد. در کل نتایج نشان می‌دهند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و صفات شاخص‌های رشدی سورگوم وجود دارد و با افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و وزن خشک کل، عملکرد دانه افزایش می‌یابد.

اثر مایکوریزا در شرایط رژیم‌های مختلف رطوبتی بر عملکرد ذرت مطالعه و بیان شده است که استفاده از مایکوریزا سبب افزایش عملکرد دانه ذرت در شرایط کم‌آبیاری می‌شود [۶]. اثر رقم نیز بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در این مورد نیز مقایسه میانگین‌ها حاکی از این بود که رقم کیمیا با ۶۲۶/۵ گرم بر مترمربع و رقم سپیده با ۵۱۳/۸ گرم بر مترمربع به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۵). از آنجا که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و شاخص‌های فیزیولوژیک وجود دارد (جدول ۳)، بنابراین، رقم کیمیا به دلیل برتری در نظر شاخص‌های رشدی نظیر سرعت رشد محصول، عملکرد دانه بالاتری نسبت به رقم سپیده دارد.

جدول ۳. نتایج تجزیه همبستگی برخی صفات فیزیولوژیک با عملکرد دانه سورگوم

صفات	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول	وزن خشک کل	عملکرد دانه
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
$X_1$	۱			
$X_2$	۰/۸۸ <sup>**</sup>	۱		
$X_3$	۰/۹۱ <sup>**</sup>	۰/۹۷ <sup>**</sup>	۱	
$X_4$	۰/۸۹ <sup>**</sup>	۰/۸۴ <sup>**</sup>	۰/۸۷ <sup>**</sup>	۱

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

### ۶.۳. نتیجه‌گیری

گونه اینترادیسز، از نظر بهبود رشد سورگوم در شرایط کم‌آبیاری، کارآمدتر بود و در نتیجه شاخص‌های رشد و عملکرد سورگوم را به میزان بیشتری افزایش داد. رقم کیمیا در مقایسه با رقم سپیده، شاخص‌های رشدی و عملکرد دانه بالاتری داشت. از آنجا که شاخص رشد مطلوب در گیاهان به افزایش عملکرد منجر می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که می‌توان گیاهان تلقیح‌شده با گونه گلموس

تنش خشکی (دورآبیاری ۲۱ روز) شاخص‌های رشد (شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و وزن خشک کل) و عملکرد دانه سورگوم را کاهش داد. قارچ مایکوریزا با بهبود جذب رطوبت و عناصر غذایی تحت شرایط کم‌آبیاری (دورآبیاری ۱۴)، سبب بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد سورگوم شد. گونه گلموس موسه در مقایسه با

صدروی، م؛ (۱۳۸۸). «تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا آربوسکولار و کود فسفره بر رشد و تولید ۲ گونه یونجه یک‌ساله». *مجله علمی پژوهشی مرتع*. ۲، ص. ۲۹۱-۳۰۱.

۸. سلطانی، ا؛ رضایی، ع؛ خواجه‌پور، م، ر؛ (۱۳۸۰). «تنوع ژنتیکی برای برخی از صفات فیزیولوژیک و زراعی در سورگوم دانه‌ای». *مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*. ۱، ص. ۱۲۷-۱۳۷.

۹. شریفی، م؛ کریمی، ف؛ خانپور اردستانی، ن؛ (۱۳۸۹). *میکوریزا، فیزیولوژی و بیوتکنولوژی*. انتشارات خانه زیست‌شناسی، تهران، چاپ سوم.

۱۰. صدروی، م؛ (۱۳۸۵). «قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار مزارع گندم در استان گلستان». *رستنی‌ها*. دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۲، ص. ۱-۱۷.

۱۱. عسگری، م، ح؛ علیزاده، ح؛ لیاقت، ع؛ (۱۳۸۷). «ارزیابی مدیریت‌های کم‌آبایی (DI) و آبیاری بخشی منطقه ریشه (PRD)». *مجموعه خلاصه مقالات اولین کنفرانس بین‌المللی بحران آب، دانشگاه زابل، ایران*.

۱۲. علیزاده، ا.، اسلام، م. و نادیان ح (۱۳۸۸). «بررسی تأثیرات تلقیح میکوریزا در سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ذرت». *یافته‌های نوین کشاورزی*. ۴، ص. ۳۰۹-۳۱۹.

۱۳. لباسچی، م، ح؛ شریفی عاشورآبادی، ا؛ (۱۳۸۳). «شاخص‌های رشد برخی گونه‌های گیاهان دارویی در شرایط مختلف تنش خشکی». *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*. ۳، ص. ۲۴۹-۲۶۱.

۱۴. ولدآبادی، ع؛ لباسچی، م، ح؛ فراهانی، ح؛ (۱۳۸۸). «تأثیر قارچ میکوریزا آربوسکولار، کود پتتا اکسید دی

موسه در شرایط کم‌آبایی (دورآبایی ۱۴ روز) را برای دستیابی به عملکرد قابل قبول و همچنین، با هدف صرفه‌جویی در آب مصرفی، به‌عنوان تیمار برتر این آزمایش معرفی کرد.

## منابع

۱. امام، ی؛ (۱۳۸۶). *زراعت غلات*. انتشارات دانشگاه شیراز، چاپ سوم.

۲. جوادی، ح؛ راشد‌محصل، م، ح؛ زمانی، غ؛ نصرآباد، ع؛ موسوی، غ؛ (۱۳۸۵). «اثر تراکم کاشت بر شاخص‌های رشدی ۴ رقم سورگوم دانه‌ای». *مجله پژوهش‌های زراعی ایران*. ۲، ص. ۱-۱۳.

۳. راهنما، ا؛ (۱۳۸۷). *فیزیولوژی گیاهی*. انتشارات پوران پژوهش، تهران، چاپ دوم.

۴. رضوانی، م؛ اردکانی، م، ر؛ رجالی، ف؛ نورمحمدی، ق؛ زعفرانیان، ف؛ تیموری، س؛ (۱۳۸۸). «تأثیر سویه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزا روی ویژگی‌های ریشه و غلظت فسفر، آهن، و روی پتاسیم یونجه». *مجله دانش نوین کشاورزی*. ۱۵، ص. ۵۵-۶۶.

۵. رفیعی، م؛ (۱۳۸۱). «تأثیرات تنش کمبود آب، روی و فسفر بر شاخص‌های رشد و عملکرد کمی و کیفی ذرت دانه‌ای». *پایان‌نامه دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی*. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات اهواز، ایران.

۶. ساجدی، ع؛ مدنی، ح؛ (۱۳۸۷). «برهم‌کنش تنش خشکی، روی و میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص برداشت ذرت در اراک». *یافته‌های نوین کشاورزی*. ۳، ص. ۱-۱۳.

۷. ساغری، م؛ بارانی، ح؛ اصغری، ح؛ مصدافی، م؛

22. Klironomos JN (2003) Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhiza fungi. *Ecology*. 84: 2292-2301.
23. Medina OA, Kretschmer AE and Sylvia DM (1990) Growth response of field-grown Siratro (*Macroptilium atropurpureum* Urb.) and *Aeschynomene americana* L. to inoculation with selected vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Biology and Fertility of Soils*. 1: 54-60.
24. Mohammad MJ, Malkawi HI and Shibli R (2003) Effect of arbuscular mycorrhiza fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of corn grown on soils with different levels of salt. *Journal of plant nutrition*. 1: 125-137.
25. Pandey RK, Maranville JW and Chetima MM (2000) Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. Shoot growth. *Agriculture Water Management*. 46: 15-27.
26. Sowder CM, Tarpley L Vietor DM and Miller FR (1997) Leaf photo assimilation and partitioning in stress-tolerant sorghum. *Crop Science*. 37: 833-838.
27. Subramanian KS and Charest C (1997) Nutritional growth and reproductive responses of sorghum to arbuscular mycorrhiza inoculation during and after drought stress at flowering. *Mycorrhiza*. 7:25-32.
28. Valentine AJ, Mortimer PE Lintnaar A and Borgo R (2006) Drought responses of arbuscular mycorrhiza grapevines. *Symbiosis*. 3: 127-133.
- فسفات و دورآبیاری بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد گشنیز». فصلنامه علمی پژوهشی گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳، ص. ۴۲۸-۴۱۴.
15. Cakir R (2004) Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89: 1-16.
16. Cardoso M and Kuyper TW (2006) Mycorrhizal and tropical soil fertility. *Agriculture Ecosystem Environment*. 116: 72-84.
17. Dood J (2000) The role of arbuscular mycorrhizal fungi: in agro-natural ecosystems. *Outlook. Agriculture* 1: 63-70.
18. English MJ and Raja SN (1996) Review perspectives on deficit irrigation. *Agriculture Water Management*. 32:1-14.
19. Freitas MSM, Martins MA and Vieira EIJC (2004) Yield and quality of essential oils of *Mentha arvensis* in response to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 39: 887-894.
20. Hoyazin M, Zeidan MS El-Lateef EM and El-Salam MS (2007) Performance of some mungbean (*Vigna radiate* L.) genotypes under late sowing condition in Egypt. *Research Journal of Agriculture and Biological Science*. 3: 972-978.
21. Khalvati MA, Mozafar A and Schmidhalter U (2005) Quantification of water uptake by arbuscular mycorrhizal hyphae and its significance for leaf growth, water relations, and gas exchange of barley subjected to drought stress. *Plant Biology Stuttgart*. 6: 706-712.