Archive of SID

نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۳۰ شماره ۱ / بهار ۱۳۹۹

تاثیر میکوریزا و هیومیک اسید بر صفات مورفولوژیک و عملکرد پنبه تحت تنش خشکی

سید غلامرضا موسوی

تاریخ دریافت: ۹۸/۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۲
دانشیار گروه کشاورزی، واحد بیرجند، دانشگاه آزاد اسلامی، بیرجند، ایران
مسئول مکاتبه: Email: s_reza1350@yahoo.com

چکیده

با هدف بررسی تاثیر سطوح آبیاری و کاربرد میکوریزا و هیومیک اسید بر صفات مورفولوژیکی و عملکرد پنبه آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. در این پژوهش آبیاری در سه سطح ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه به عنوان فاکتور اصلی، میکوریزا در دو سطح کاربرد و عدم کاربرد و هیومیک اسید در دو سطح صفر و ۱۰ لیتر در هکتار به عنوان فاکتورهای فرعی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد با کاهش تامین نیاز آبی پنبه از ۱۰۰ به ۴۰ درصد، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد انشعابات ساقه اصلی، عملکرد وش و عملکرد بیولوژیک به ترتیب ۲۹/۶، ۳۱/۸، ۴۸/۳، ۶۸/۷ و ۶۰/۵ درصد و به طور معنی‌داری کاهش یافت. با این وجود کارایی مصرف آب برای تولید وش پنبه در تیمار تامین ۷۰ درصد نیاز آبی از برتری معنی‌دار ۱۹/۲ و ۴۴/۵ درصدی به ترتیب نسبت به تیمارهای تامین ۱۰۰ و ۴۰ درصد نیاز آبی برخوردار بود. همچنین کاربرد میکوریزا نسبت به عدم کاربرد آن، باعث افزایش معنی‌دار و ۱۰/۹، ۱۲/۵، ۳۰، ۴۸، ۲۶/۸، ۴۸/۸ و ۲۴/۸ درصدی به ترتیب ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد انشعابات ساقه اصلی، عملکرد وش، عملکرد بیولوژیک، کارایی مصرف آب برای تولید وش و بیوماس گردید و کاربرد ۱۰ لیتر در هکتار اسید هیومیک نیز باعث افزایش معنی‌دار و ۹/۹، ۹/۴، ۱۴/۲، ۲۳/۵ و ۲۰/۷ درصدی به ترتیب ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد انشعابات ساقه اصلی، عملکرد وش و کارایی مصرف آب برای تولید وش گردید. به طور کلی نتایج نشان داد که استفاده از میکوریزا و اسید هیومیک اثرات منفی تنش کم‌آبی را به خصوص در شرایط تنش متوسط کاهش می‌دهد. با در نظر گرفتن کارایی مصرف آب و عملکرد وش پنبه، تیمار تنش متوسط کم‌آبی و کاربرد میکوریزا را برای زراعت این گیاه در بیرجند می‌توان مورد توجه قرار داد.

واژه‌های کلیدی: هیومیک اسید، تنش کم‌آبی، کارایی مصرف آب، شاخص برداشت، میکوریزا

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of Humic Acid and Mycorrhiza Application on Morphological Traits and Yield of Cotton under Drought Stress

Seyyed Gholamreza Moosavi

Received: April 17, 2019 Accepted: November 23, 2019
Assoc. Prof., Dept. of Agriculture, Birjand Branch, Islamic Azad University, Birjand, Iran.
*Corresponding Author Email: s_reza1350@yahoo.com

Abstract

In order to evaluate the effect of irrigation, humic acid and mycorrhiza application on morphological traits, yield and water use efficiency (WUE) of cotton, an experiment was carried out as a factorial split-plot based on a randomized complete block design with three replications in the research farm of Islamic Azad University of Birjand, Iran in 2016. Three irrigation levels (40, 70 and 100 percent of plant water requirement) were as the main plot and the combination of two mycorrhiza levels (non- application and application) and two humic acid levels (0 and 10 L. ha^{-1}) were considered as sub-plot. The results showed that with reducing the supply of cotton water requirement from 100 to 40 percent significantly reduced plant height, stem diameter, branch number of main stem, seedcotton yield and biological yield by 29.6, 31.8, 48.3, 68.7 and 60.5, respectively. However, the water use efficiency for seedcotton production in the treatment of 70 percent water requirement supply was significantly higher (19.2 and 44.5%, respectively) than treatments of 100 and 40 percent water requirement supply. Also, application of mychorhiza significantly increased the plant height, stem diameter, branch number of main stem, seedcotton yield and biological yield, water use efficiency for seedcotton and biomass production by 10.9, 12.5, 30, 48, 26.8, 48.8 and 24.8%, respectively. In addition, application of 10 L. ha^{-1} humic acid significantly increased the plant height, stem diameter, branch number of main stem, seedcotton yield and water use efficiency for seedcotton production by 9.9, 9.4, 14.2, 23.5 and 20.7%, respectively. In general, the results showed that the use of mycorrhiza and humic acid decreases the negative effects of water deficit stress, especially in moderate stress conditions. Considering the water use efficiency and cotton yield, it is possible to consider the treatment of moderate water stress and mycorrhiza application for the cultivation of this plant in Birjand.

Keywords: Harvest Index, Humic Acid, Mycorrhiza, Water Deficit Stress, Water Use Eficiency

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پنبه علاوه بر اینکه یک گیاه روغنی است، مهمترین گیاه لیفی جهان می‌باشد که با وجود الیاف مصنوعی، هنوز بیشترین سهم را در تولید منسوجات جهان بر عهده دارد و حدود ۲۹/۵ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی دنیا زیر کشت این گیاه ارزشمند می‌باشد (یواس دی آ-ای آر اس ۲۰۱۷).

آبیاری و تغذیه مناسب نقش مهمی در تولید گیاهان زراعی دارد و کمبود آب از مشکلات اساسی بخش کشاورزی در خراسان جنوبی می‌باشد. از طرفی استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و عدم استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک طی سالیان اخیر، عامل کاهش چشمگیر میزان مواد آلی خاک‌های کشور و ایجاد مشکلات زیست محیطی از جمله تخریب فیزیکی خاک و عدم توازن عناصر غذایی خاک بوده است (ناسوتی و همکاران ۲۰۱۱). کودهای بیولوژیک جزء اصلی فلور محیط ریشه گیاهان در بوم نظام‌های طبیعی می‌باشند (پانوار و تارافدار ۲۰۰۶) که امروزه از نظر کشاورزی پایدار نیز اهمیت فوق العاده زیادی پیدا کرده‌اند.

سیسکانی (۲۰۱٤) در بررسی تاثیر تنش کم‌آبی نتیجه‌گیری کرد که با کاهش تامین نیاز آبی پنبه از ۱۰۰ به ۵۰ درصد، ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی و عملکرد وش پنبه به ترتیب ۲۸/۲، ۱۸ و ۲۹/۷ درصد کاهش یافت. زونتا و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی تاثیر سطوح آبیاری در پنبه گزارش کردند که که با کاهش تامین نیاز آبی گیاه از ۱۰۰ به ۷۰ و ٤۰ درصد عملکرد وش به طور معنی‌داری کاهش یافت. پاپاستیلیانو و آرجیروکاسترتیس (۲۰۱٤) با بررسی تاثیر سطوح آبیاری معادل ۱۰۰ و ۵۰ درصد تبخیر و تعرق در دو رقم پنبه نتیجه‌گیری کردند که با اعمال تنش کم‌آبی (آبیاری معادل ۵۰ درصد تبخیر و تعرق)، عملکرد وش و عملکرد بیولوژیک در ارقام مورد مطالعه به طور متوسط به ترتیب ۲٤/۵ و ۲۸ درصد و به طور معنی-داری کاهش یافت.

میکوریزا در افزایش توانایی گیاه میزبان برای جذب آب و عناصر غذایی غیرمتحرک، به خصوص فسفر و چندین ریزمغذی دیگر تاثیر مفیدی دارد. بنابر این قارچ-های میکوریزا دارای کارکرد چند منظوره‌ای در بوم نظام‌های زراعی هستند به طوری که بالقوه سبب بهبود کیفیت فیزیکی خاک (از طریق گسترش ریسه‌های قارچ)، کیفیت شیمیایی خاک (از طریق افزایش جذب عناصر غذایی) و کیفیت بیولوژیکی خاک (از طریق شبکه غذایی خاک) می‌گردند (کاردوسو و کایپر ۲۰۰٦). همچنین هیومیک اسید به عنوا یک کود آلی باعث بهبود ساختار خاک، کمک به ریشه‌زایی بهتر، نگهداری بیشتر آب در خاک، کمک به رشد سریع باکتری‌های مفید در خاک، کمک به انحلال و آزادسازی عناصر ماکرو و میکرو و در نتیجه کاهش نیاز به کودهای شیمیایی به نحو محسوس، افزایش مقاومت به کم‌آبی و کاهش سمیّت کودها می‌شود (صالحی و همکاران ۲۰۱۰؛ اویسی و قوشچی ۲۰۱۲). پاول و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا نسبت به شاهد، عملکرد وش پنبه را از ۲/۸٦ به ۳/۳٦ تن در هکتار افزایش داد. رضوانی‌مقدم و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه تاثیر قارچ میکوریزا *Glomus mosseae* بر گلرنگ بهاره گزارش کردند که تلقیح با قارچ میکوریزا در مقایسه با شاهد باعث افزایش تعداد شاخه جانبی در بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد. بر اساس نتایج تحقیق شاه-حسینی و همکاران (۲۰۱۲) در ذرت، کارآیی مصرف آب در بذور تلقیح یافته با گونه *G. intraradices* و *G. mosseae* به ترتیب ٤۵/۹ و ۲۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. فلاحی و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی تاثیر دو سطح آبیاری پس از ۱۰۰ و ۲۰۰ میلیمتر تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر و سه سطح تلقیح میکوریزایی (عدم تلقیح و تلقیح با *Glomus intraradices* و *Glomus versiforme*) گزارش کردند که عملکرد چای ترش در شرایط تلقیح با قارچ میکوریزای *Glomus intraradices* بیشتر از تیمار عدم تلقیح بود. رادی و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیر کاربرد هیومیک اسید در پنبه گزارش نمودند که با کاربرد ۱۵ کیلوگرم در هکتار نسبت به شرایط عدم استفاده از این ماده ارتفاع بوته از ۸۳/۷ به ۹۹/۹ سانتیمتر افزایش پیدا کرد. برزگر و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیومیک اسید، ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی و عملکرد بیولوژیک بامیه را به طور معنی‌دار و به ترتیب ۲۲/۹، ۱۹/۵، ۴۰/۹ و ۵۲ درصد افزایش داد. نتایج رحیمی و همکاران (۲۰۱۶) در کلزا نشان داد که تاثیر کاربرد هیومیک اسید بر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت مثبت و معنی‌دار بوده و سبب افزایش صفات مذکور شد. در تحقیق دیگری کاربرد هیومیک اسید افزایش ۲۰ درصدی عملکرد بیولوژیک رازیانه (غلامی و همکاران ۲۰۱۵) را به دنبال داشت. نتایج تحقیق شاه-حسینی و همکاران (۲۰۱۲) در ذرت نشان داد که اسید هیومیک تأثیر معنی‌داری بر کارآیی مصرف آب دارد و کاربرد اسید هیومیک باعث افزایش کارآیی مصرف آب به مقدار ۱۱/۵ درصد نسبت به شاهد شد.

از آنجا که خشکسالی، محدودیت منابع آبی و عدم انطباق الگوی کاشت منطقه با میزان منابع آبی در بخش کشاورزی یکی از مشکلات جدی استان خراسان جنوبی و شهرستان بیرجند است، انجام روش‌های به‌زراعی نوین همسو با کشاورزی پایدار در سطح مزارع در مورد گیاهان غالب استان از جمله پنبه (به عنوان یکی از گیاهان نسبتا متحمل به خشکی با توجیه اقتصادی در تولید)، بایستی مورد توجه کشاورزان منطقه قرار گیرد. از اینرو تحقیق حاضر با هدف بررسی تاثیر کاربرد قارچ میکوریزا و هیومیک اسید در شرایط تنش کم‌آبی بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد اقتصادی و کارایی مصرف آب پنبه در بیرجند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند واقع در ۵ کیلومتری جاده بیرجند- زاهدان به اجرا در آمد. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۱۴۸۰ متر و عرض جغرافیایی آن ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی می باشد. نتایج تجزیه خاک، مزرعه آزمایشی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

بافت خاک	هدایت الکتریکی ($mS.cm^{-1}$)	اسیدیته	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل‌جذب (ppm)	پتاسیم قابل‌جذب (ppm)
لوم	۳/۲۳	۸/۲	۰/۳	۰/۰۳۳	٦/۸	۱۳۳

این آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این پژوهش، دور آبیاری در سه سطح (تامین ٤٠، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) به عنوان فاکتور اصلی، هیومیک اسید با دو سطح (صفر و ۱۰ لیتر در هکتار) و میکوریزا در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد) به عنوان فاکتورهای فرعی در نظر گرفته شد. طول هر کرت آزمایشی ۵ متر، تعداد خطوط کاشت ٤ خط و فواصل خطوط کاشت ۵۰ سانتیمتر و مساحت هر کرت آزمایشی ۱۰ متر مربع بود. فاصله بین دو تکرار ۱۵۰ سانتیمتر، فاصله بین کرتهای اصلی و فرعی به ترتیب ۲ و ۱ متر بود.

نیاز آبی به کمک روش FAO و با استفاده از آمار تبخیر از تشتک کلاس A تعیین شد (آلن و همکاران ۱۹۸۸):

www.SID.ir

Archive of SID

تبخیر از تشتک (میلیمتر) × ضریب تشتک (۰/۷) = تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلیمتر)

تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلیمتر) × ضریب گیاهی = تبخیر و تعرق گیاه (میلیمتر)

زمین سال قبل آیش بود و عملیات آماده‌سازی بستر کاشت در اواسط اردیبهشت با انجام عملیات شخم و دو دیسک عمود بر هم انجام گرفت. بذور پنبه قبل از کاشت با قارچ‌کش کاربوکسی تیرام با نسبت دو در هزار ضدعفونی شد و در ۲۰ خرداد در عمق حدود ۲ تا ۳ سانتیمتر خاک کشت گردید. گیاهان سبز شده روی ردیف در مرحله ظهور چهارمین برگ با فاصله حدود ۱٤ سانتیمتر تنک شدند.

آبیاری با کمک سیستم تحت فشار و با استفاده از شیلنگ و کنتور در هر کرت آزمایشی انجام گرفت و اعمال تیمارهای آبیاری پس از استقرار گیاهان (مرحله ٤ تا ٥ برگه شدن) انجام شد. مقدار آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری در کل دوره رشد پنبه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۲- مقدار آب مصرفی در تیمارهای مختلف آبیاری

تیمار آبیاری (درصد تامین نیاز آبی)	۱۰۰	۷۰	٤۰
مقدار آب مصرفی (مترمکعب در هکتار)	۱۰۹۷۰	۷٥۳٥	٤۲۸٥

تیمار کاربرد هیومیک اسید نیز در دو نوبت با فواصل زمانی حدود ۱٥ روز و پس از تنک نهایی بوته‌ها (اولین نوبت در مرحله شش برگی و نوبت دوم در مرحله رویت شاخه دوم) انجام شد. برای این منظور با توجه به مساحت کرت‌های آزمایشی، مقدار لازم از هیومیک اسید مایع را در آب معمولی ریخته و به صورت محلول در آب در آورده و پس از قطع آبیاری درون جوی‌ها ریخته شد. لازم به ذکر است که از قارچ میکوریزای *Glomus intraradices* در این تحقیق استفاده گردید. مایه تلقیح قارچ میکوریزا از شرکت تحقیقاتی زیست فناوری توران شاهرود تهیه و به مقدار ۳۰ گرم در هر متر مربع استفاده شد. این مایه تلقیح شامل خاک، بقایای ریشه-ای و اندام‌های قارچی با تراکم تقریبی ۱۲۰ عدد اسپور فعال در هر گرم بود. مابه تلقیح قبل از کاشت به صورت نواری در شیارهای ایجاد شده در عمق حدود ٦ سانتیمتر استفاده گردید و روی آن با خاک در حدود ۳ سانتیمتر پوشانده شد وسپس بذور پنبه کاشت شد و بلافاصله آبیاری اول مزرعه انجام شد.

برای تعیین صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعابات ساقه اصلی در اواخر دوره رشد و با رعایت اثر حاشیه از دو ردیف وسط تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب گردید و صفات مذکور اندازه‌گیری شد. برداشت وش پنبه در دو مرحله بر اساس باز شدن غوزه‌ها از دو متر مربع میانی هر کرت آزمایشی و با رعایت اثر حاشیه‌ای از دو ردیف وسط به صورت برداشت غوزه با وش صورت گرفت. اولین برداشت غوزه در تاریخ ۹٤/۰۷/۳۰ و دومین و آخرین برداشت در تاریخ ۹٤/۰۸/۳۰ زمانی انجام شد که بوته ها کاملاً خشک شده بودند. عملکرد وش و غوزه پنبه از توزین غوزه‌های حاوی وش برداشت شده با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم به دست آمد و پس از جدا سازی وش از غوزه ها، وزن آنها نیز با ترازو محاسبه گردید. عملکرد خشک شاخ و برگ دو متر مربع میانی هر کرت آزمایشی نیز پس از کف بر کردن بوته‌ها و خشک کردن آنها، توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم محاسبه گردید. در نهایت

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد بیولوژیک در واحد سطح نیز از حاصل جمع عملکرد غوزه با وش و عملکرد شاخ و برگ بدست آمد.

همچنین در این بررسی کارایی مصرف آب برای تولید وش و بیوماس بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب از تقسیم هر یک از عملکردهای وش و بیوماس (بیولوژیک) بر آب مصرف شده در هر تیمار آزمایشی محاسبه گردید. لازم به ذکر است که عملکرد بر حسب کیلوگرم در هکتار و آب مصرف شده بر حسب متر مکعب در هکتار در نظر گرفته شد.

در پایان تجزیه داده‌های جمع‌آوری شده برای هر یک از صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد. همچنین برای رسم شکل‌ها از برنامه Excel گردید.

نتایج و بحث

صفات مورفولوژیکی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده آبیاری در سطح یک درصد و اثر ساده هیومیک اسید در سطح پنج درصد بر ارتفاع بوته، قطر و تعداد انشعابات ساقه اصلی پنبه معنی‌دار شد. اثر ساده میکوریزا نیز در سطح پنج درصد بر ارتفاع بوته و در سطح یک درصد بر قطر و تعداد انشعابات ساقه اصلی پنبه معنی‌دار گردید. همچنین اثر متقابل آبیاری و میکوریزا قطر و تعداد انشعابات ساقه اصلی پنبه را به طور معنی‌داری و در سح یک درصد تحت تاثیر قرار داد (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اعمال تنش شدید کم‌آبی (تامین ٤٠ درصد نیاز آبی گیاه)، باعث کاهش معنی‌دار صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعابات ساقه اصلی گردید به طوری که کاهش آبیاری و تامین تنها ٤٠ درصد نیاز آبی، ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعابات ساقه اصلی را به ترتیب ۲۹/٦ ، ۳۱/۸ و ٤٨/٣ درصد نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش داد. لازم به ذکر است که بین سطوح آبیاری تامین ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه در صفات مذکور تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ٤). به نظر می‌رسد که در تنش کم‌آبی، سنتز کمتر مواد فتوسنتزی به علت محدودیت دسترسی گیاه به آب و دی‌اکسید کربن باعث اختصاص کمتر مواد فتوسنتزی به بخش‌های در حال رشد گیاه شده و در نتیجه پتانسیل رشدی گیاه در مقایسه با شرایط دسترسی به آب بیشتر، به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (لک ۲۰۱۳). به عبارتی احتمالا کاهش آماس و رشد سلولی و در نتیجه کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها و محدودیت فتوسنتز در شرایط کمبود آب (کابوسلای و همکاران ۲۰۰۲؛ پاپاستیلیانو و آرجیروکاسترتیس ۲۰۱٤؛ رادی و همکاران ۲۰۱۳) از دلایل اصلی موثر در کاهش ارتفاع بوته و سایر صفات مورفولوژیکی در پنبه می‌باشد. نتایج تحقیق خسروی (۲۰۱۵) نیز نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه اصلی و قطر ساقه در تیمار آبیاری پس از ۱۲۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر از برتری معنی‌دار به ترتیب ۱٦/۳، ٤٨/٨ و ۲۵/۳ درصدی در مقایسه با تیمار آبیاری پس از ۲٤۰ میلیمتر تبخیر برخوردار بود که نتایج تحقیق حاضر را تائید می‌کند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار صفات ارتفاع بوته، قطر و تعداد انشعابات ساقه اصلی گردید به طوری که با کاربرد این کود بیولوژیک صفات مذکور به طور معنی‌دار و به ترتیب ۱۰/۹، ۱۲/۵ و ۳۰ درصد نسبت به عدم کاربرد میکوریزا افزایش یافت (جدول ٤). کاپور و همکاران (۲۰۰٤) نتیجه گرفتند که تلقیح بذر رازیانه با میکوریزا، به دلیل افزایش فسفر قابل جذب ریشه در خاک باعث افزایش معنی‌دار رشد و ارتفاع گیاه شد. پاول و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند که کاربرد میکوریزا نسبت به شاهد، ارتفاع بوته پنبه را از ۱۰۱/۳ به ۱۱۳/۵ سانتیمتر افزایش داد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد انشعابات ساقه اصلی با کاربرد هیومیک

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر سطوح آبیاری، میکوریزا و هیومیک اسید بر صفات مورفولوژیکی پنبه

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد انشعابات ساقه اصلی	عملکرد وش	عملکرد بیولوژیک	کارایی مصرف آب وش	کارایی مصرف آب بیوماس	درصد کیل	شاخص برداشت وش
تکرار	۲	۶۱۵/۸۶**	۲۵/۱۵۷**	۷/۳۸۸۵*	۸۶۴۹۷۹/۰۲۵**	۱۶۴۲۳۷۱۶/۱**	۰/۰۲۰۴۶۸**	۰,۳۸۶۶۸**	۱۵/۲۲۰^{ns}	۲۴۷/۳۲۶^{ns}
آبیاری (I)	۲	۲۴۴۰/۲۲**	۱۴۵/۰۲۶**	۷۲/۰۷۶**	۱۹۸۴۱۴۷۳/۰۴**	۸۰۷۲۷۱۹۳/۲۵**	۰/۰۴۲۱۶**	۰/۰۳۶۸۷۷۶^{ns}	۳۷/۴۹۵^{ns}	۲۷۸/۲۱۱*
خطای اصلی	۴	۹۴/۹۸	۰/۱۳۳	۱/۷۴۴۴	۸۹۰۵/۲۳	۱۲۶۳۲۳۳/۰۵	۰/۰۰۱۹۹۶	۰/۰۶۰۰۵۳	۱۱/۵۹۴	۷۲/۷۹۵
میکوریزا (M)	۱	۶۵۳/۵۲*	۳۷/۰۲۷**	۳۶/۸۵۴**	۸۸۲۵۷۵۱/۱۴**	۱۹۰۲۱۸۶۰/۰۵**	۰/۱۳۸۶۵**	۰/۲۸۷۹۸**	۲۲۷/۹۳۱*	۱۸۶/۶۰۴^{ns}
هیومیک اسید (H)	۱	۵۳۹/۵۴*	۲۱/۶۳۸*	۹/۵۰۹*	۲۵۹۸۰۵۴/۴۱**	۱۹۹۱۶۲۲/۰۷^{ns}	۰/۰۳۳۸۰۳**	۰/۰۴۰۴۹۴^{ns}	۵۷/۱۳۴^{ns}	۲۸۶/۶۶۴^{ns}
I × M	۲	۸۸/۳۵^{ns}	۱۸/۰۱۳**	۱۴/۶۴۶**	۱۹۴۹۷۴۴/۵۴**	۲۸۹۶۶۳۲/۴۱^{ns}	۰/۰۳۱۲۲۰**	۰/۰۳۳۹۳۱۹^{ns}	۲۵/۶۶۳^{ns}	۶۵/۱۳۱^{ns}
I × H	۲	۳۳/۳۲^{ns}	۰/۲۳۶^{ns}	۰/۰۱۷۵^{ns}	۵۴۱۲۷۹/۰۷**	۵۱۴۳۸/۰۲^{ns}	۰/۰۰۵۴۱۵*	۰/۰۰۱۴۳۵۱^{ns}	۷۵/۰۷۹^{ns}	۵۲/۲۷۷^{ns}
M × H	۱	۹۲/۸۳^{ns}	۰/۰۷۹^{ns}	۲/۰۰۵۶^{ns}	۱۳۹۵۶/۰۶۴^{ns}	۳۰۵۱۵۵/۲۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۷۰۵^{ns}	۰/۰۰۲۰۰۴^{ns}	۱۲/۸۷۱^{ns}	۰/۶۰۹^{ns}
I × M × H	۲	۲/۰۱۲^{ns}	۲/۳۹۷^{ns}	۰/۲۹۰۹^{ns}	۶۱۲۳۵/۸۴^{ns}	۲۹۷۶۴۲/۱۹^{ns}	۰/۰۰۱۴۷۶^{ns}	۰/۰۰۳۰۷۱۴^{ns}	۵/۳۲۱^{ns}	۶/۹۶۷^{ns}
خطای فرعی	۱۸	۹۴/۲۲	۲/۶۵۱	۱/۲۴۱۳	۷۷۴۶۴/۲۳	۱۴۵۸۹۸۶/۰۳	۰/۰۰۱۴۶	۰/۰۳۱۹۵۹	۲۸/۰۲۸	۷۲/۳۰۵
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۱/۸	۹/۴	۱۴/۴	۱۰/۹	۱۹/۷	۱۱/۷	۲۲/۰۶	۱۵/۲	۲۰/۵

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

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات مورفولوژیکی پنبه تحت تاثیر سطوح آبیاری، میکوریزا و هیومیک اسید

تیمار	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد انشعابات ساقه اصلی	عملکرد وش ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک ($kg.ha^{-1}$)	کارایی مصرف آب وش ($kg.m^{-3}$)	کارایی مصرف آب بیوماس ($kg.m^{-3}$)	درصد کیل	شاخص برداشت وش (٪)
آبیاری (درصد تامین نیاز آبی)									
۱۰۰	۹۴/۶۷a	۱۹/۴۹a	۹/۷۹a	۳۶۴۴/۴۷a	۸۴۸۶/۲۷a	۰/۳۳۲۲b	۰/۷۷۳۶a	۳۲/۸a	۴۳/۰a
۷۰	۸۵/۱۷a	۱۹/۱۳a	۸/۴۸a	۲۸۹۳/۷۷b	۶۵۸۵/۹۶b	۰/۳۸۴۰a	۰/۸۷۴۰a	۳۶/۰a	۴۴/۹a
۴۰	۶۶/۶۳b	۱۳/۳۰b	۵/۰۶b	۱۱۳۸/۹۳c	۳۳۵۶/۰۱c	۰/۲۶۵۸c	۰/۷۸۳۲a	۳۵/۰a	۳۵/۹b
میکوریزا									
عدم کاربرد	۷۷/۹۰b	۱۶/۲۹b	۶/۷۴b	۲۰۶۳/۹۲b	۵۴۱۵/۸۴b	۰/۲۶۵۲b	۰/۷۲۰۸b	۳۷/۳a	۳۹/۲a
کاربرد	۸۶/۴۲a	۱۸/۳۲a	۸/۷۶a	۳۰۵۴/۱۹a	۶۸۶۹/۶۵a	۰/۳۸۹۴a	۰/۸۹۹۷a	۳۲/۳b	۴۳/۷a
هیومیک اسید (لیتر در هکتار)									
۰	۷۸/۲۹b	۱۶/۵۳b	۷/۲۴b	۲۲۹۰/۴۲b	۵۹۰۷/۵۴a	۰/۲۹۶۷b	۰/۸۴۳۸a	۳۶/۰a	۳۸/۶a
۱۰	۸۶/۰۳a	۱۸/۰۸a	۸/۲۷a	۲۸۲۷/۷۰a	۶۳۷۷/۹۵a	۰/۳۵۸۰a	۰/۷۷۶۷a	۳۳/۵a	۴۴/۳a

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی داری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد نمی‌باشند

www.SID.ir

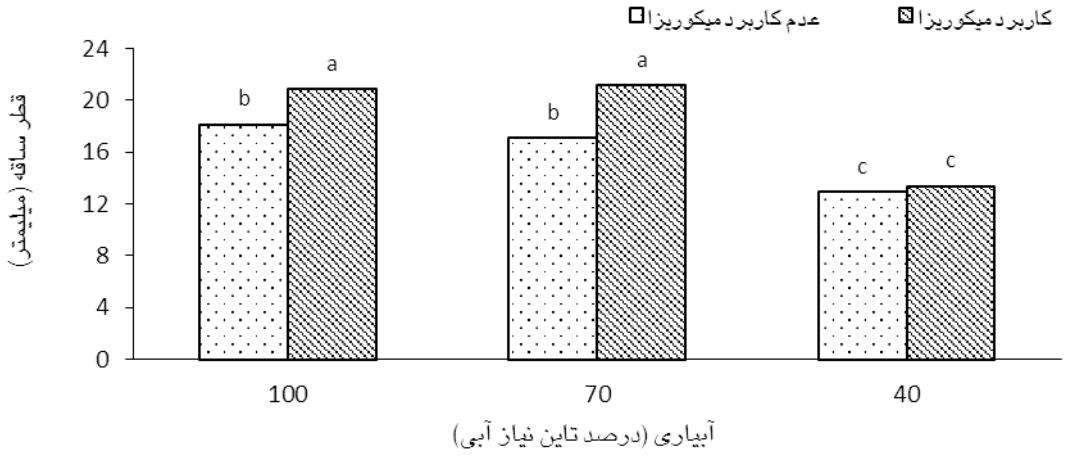
Archive of SID

سبب افزایش شاخه‌دهی و ارتفاع گیاه می‌شود. برخی محققین گزارش کردند که هیومیک اسید از طریق افزایش محتوای نیتروژن نیز سبب افزایش رشد رویشی گیاه می‌گردد (آیاس و گاسلر ۲۰۰۵). در بررسی‌های رادی و همکاران (۲۰۱٦) در پنبه و برزگر و همکاران (۲۰۱۸) در بامیه نیز مشخص گردید که ارتفاع بوته و رشد گیاه به وسیله کاربرد هیومیک اسید افزایش پیدا کرد.

مقایسه میانگین‌های اثر ترکیب تیماری آبیاری و میکوریزا بیانگر آن است که بیشترین قطر و تعداد انشعابات ساقه اصلی پنبه به ترتیب با میانگین‌های ۲۰/۸۷ میلیمتر و ۱۱/۳۷ عدد در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد میکوریزا و کمترین آن‌ها به ترتیب با میانگین-های ۱۲/۹۵ میلیمتر و ٤/۷۷ عدد در تیمار تنش شدید کم‌آبی (تامین ٤۰ درصد نیاز آبی) و عدم کاربرد میکوریزا بدست آمد. لازم به ذکر است که هر چند در سطوح آبیاری تامین ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی افزایش معنی‌دار قطر و تعداد انشعابات ساقه اصلی پنبه با کاربرد میکوریزا مشاهده شد اما در شرایط تنش شدید کم‌آبی کاربرد میکوریزا نتوانست تغییر معنی‌داری در این صفات باعث گردد (شکل‌های ۱ و ۲). به نظر می-رسد در شرایط تنش شدید کم‌آبی به علت کمبود آب موجود در خاک، همزیستی میکوریزا نتوانسته است نقش موثری را در افزایش دسترسی گیاه پنبه به رطوبت ایفا نماید و از اینرو تفاوت معنی‌داری در قطر ساقه و توان شاخه‌زایی پنبه بین تیمارهای کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا در این شرایط مشاهده نشد، در حالی که در شرایط آبیاری مطلوب و تنش متوسط کم-آبی (به ترتیب تامین ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی)، کاربرد میکوریزا توانسته است با امکان دسترسی بیشتر ریشه گیاه پنبه به رطوبت خاک افزایش معنی‌دار صفات مذکور را به دنبال داشته باشد. شارما (۲۰۰۲) نیز معتقد است که قارچ‌های میکوریزایی دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی بوده و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر و برخی عناصر کم مصرف و نیز افزایش جذب آب، باعث کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می-شوند. به عبارتی حضور میکوریزا در شرایط آبیاری مطلوب و تنش متوسط کم‌آبی به علت افزایش سطح جذب ریشه و دسترسی گیاه به حجم بیشتر خاک و نیز دسترسی به منافذ ریزتر خاک و هدایت هیدرولیکی بیشتر میسیلیوم‌ها در مجموع باعث افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی و آب شده (چازی و کاراکی، ۱۹۹۸) و احتمالا از طریق افزایش هدایت روزنه‌ای، توان فتوسنتزی گیاه بهبود می‌یابد و در نتیجه قطر ساقه و تعداد انشعابات ساقه به طور معنی‌داری نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا افزایش می‌یابد.

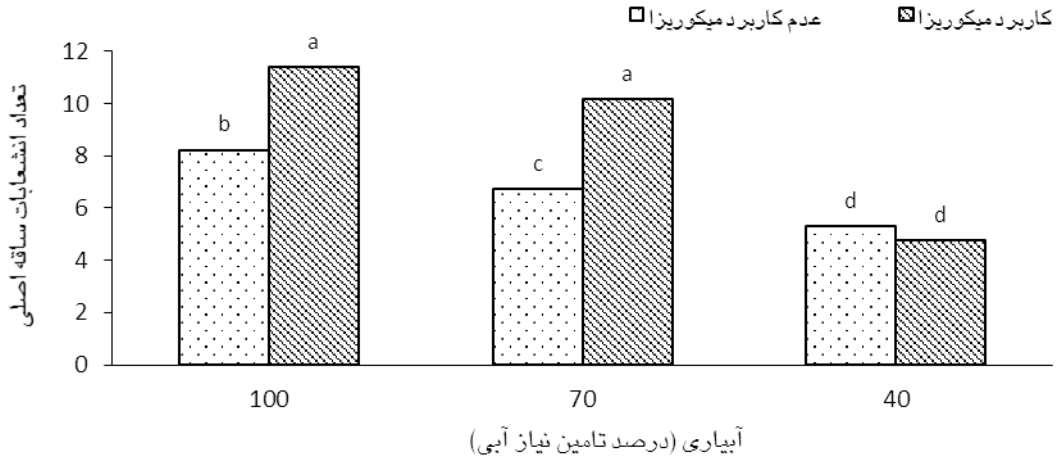
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و میکوریزا بر قطر ساقه پنبه

(میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و میکوریزا بر تعداد انشعابات ساقه اصلی پنبه

(میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)

عملکرد وش و عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده آبیاری و میکوریزا بر عملکرد وش و عملکرد بیولوژیک را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد اما اثر هیومیک اسید تنها بر عملکرد وش معنی‌دار شد. اثر متقابل آبیاری و میکوریزا و اثر متقابل آبیاری و هیومیک اسید نیز عملکرد وش را به طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد (جدول ۳).

کاهش تامین نیاز آبی از ۱۰۰ به ۷۰ و ٤٠ درصد نیاز آبی گیاه، عملکرد وش را به طور معنی‌دار و به ترتیب ۲۰/٦ و ٦٨/٧ درصد و عملکرد بیولوژیک را به طور معنی‌دار و به ترتیب ۲۲/٤ و ٦٠/٥ درصد کاهش یافت (جدول ٤). افزایش عملکرد در گیاهان تحت شرایط آبیاری مطلوب، می‌تواند به دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و دوام آن (لک ۲۰۱۳) باشد که با ایجاد منبع فیزیولوژیکی کارآمد جهت استفاده هر چه بیشتر از نور

www.SID.ir

Archive of SID

دریافتی باعث افزایش عملکرد وش و بیوماس پنبه شده است. رحمان و همکاران (۲۰۰٤) در بررسی‌های خود به این موضوع اشاره داشته‌اند که رابطه مستقیمی بین فشار تورژسانس سلول‌ها و رشد وجود دارد. طویل شدن برگ‌ها به طور ویژه‌ای وابسته به تامین رطوبت برای گیاه است و چون برگ اولین مکان تهیه منبع کربن و تولیدات فتوسنتز است و تأثیر قوی و مثبتی بر رشد و تجمع ماده خشک دارد، کمبود آب مانع از آن می‌شود که عملکرد بیولوژیک گیاه به حداکثر خود برسد. به عبارتی تنش کم‌آبی با کاهش سرعت رشد و سطح برگ و اثر منفی بر جذب دی‌اکسیدکربن (لک ۲۰۱۳)، سرعت فتوسنتز و در نهایت تجمع ماده خشک در واحد سطح را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. روبرتسون و همکاران (۲۰۰۳) نیز معتقدند که تنش کم‌آبی از طریق تأثیر بر آنزیم‌های موثر در فرایند فتوسنتز، بستن منفذ روزنه‌ها و کاهش میزان فتوسنتز، ضمن کاهش سطح برگ‌ها، منجر به تسریع پیری برگ شده و باعث کاهش قدرت منبع می‌گردد و این موضوع کاهش عملکرد اقتصادی گیاه را به دنبال دارد. در تحقیق سیسکانی (۲۰۱٤) عملکرد وش پنبه در تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی از برتری معنی داری ۲۹/۷ درصدی نسبت به تیمار تامین ۵۰ درصد نیاز آبی برخوردار بود و عملکرد بیولوژیک در تیمار تامین ۵۰ درصد نیاز آبی با میانگین ۸۰۲/۵ گرم در متر مربع، کاهش ۲٦/۵ درصدی نسبت به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی را نشان داد. در آبیاری پس از ۱۲۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر، عملکرد وش وعملکرد بیولوژیک از برتری معنی‌دار به ترتیب ٦۸/۹ و ۵۵/٦ درصدی نسبت به آبیاری پس از ۲٤۰ میلیمتر تبخیر برخوردار بود (خسروی ۲۰۱۵). کاهش معنی‌دار عملکرد وش پنبه با تنش کم‌آبی توسط باسال و همکاران (۲۰۱٤) و زانگ و همکاران (۲۰۱٦) نیز گزارش شده است که نتایج تحقیق حاضر را تایید می‌کند.

کاربرد میکوریزا صفات عملکرد وش و عملکرد بیولوژیک را به طور معنی‌دار و به ترتیب ٤۸ و ۲٦/۸ درصد افزایش داد (جدول ٤). میسیلیوم های قارچ میکوریزا امکان دسترسی ریشه گیاه را به حجم بیشتری از خاک فراهم کرده و از طرفی به علت قطر کمتر میسیلیوم نسبت به ریشه و تار کشنده، منافذ ریزتر خاک را برای گیاه میزبان قابل بهره‌برداری می-نمایند و از آنجا که هدایت هیدرولیکی آب و عناصر غذایی نیز در آنها بیشتر از ریشه گیاه می باشد، بنا بر این دسترسی گیاه را به آب موجود در خاک افزایش داده و با افزایش هدایت روزنه‌ای (بلندنظر و همکاران ۲۰۰۷) و سطح برگ (آزادخان‌خندی و همکاران ۲۰۱۳) در گیاهان میکوریزایی موجب افزایش قدرت فتوسنتزی گیاه و در نهایت عملکرد وش و عملکرد بیولوژیک پنبه می‌شوند.

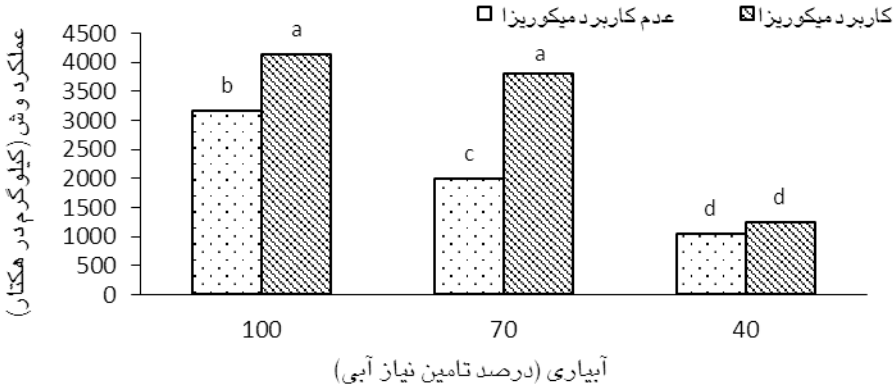
همچنین کاربرد اسید هیومیک عملکرد وش را به طور معنی‌دار و به میزان ۲۳/۵ درصد افزایش داد (جدول ٤). دلیل این افزایش عملکرد را می‌توان به اثرات شبه هورمونی اسید هیومیک و افزایش رشد ریشه (سماوات و ملکوتی ۲۰۰۵) و نیز افزایش کلروفیل (خرم قهفرخی و همکاران ۲۰۱۵) و در پی آن افزایش شاخه-زایی (جدول ٤) و تعداد قوزه در واحد سطح مربوط دانست.

مقایسه میانگین‌های اثر ترکیب تیماری آبیاری و میکوریزا بیانگر آن است که بیشترین عملکرد وش پنبه با میانگین ٤۱۳۵/۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد میکوریزا و کمترین آن با میانگین ۱۰٤٤/۹۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار تنش شدید کم‌آبی و عدم کاربرد میکوریزا بدست آمد. لازم به ذکر است که در سطوح آبیاری تامین ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی افزایش معنی‌دار این صفات با کاربرد میکوریزا مشاهده شد. با این وجود کارایی میکوریزا در شرایط تنش متوسط کم‌آبی (تامین ۷۰ درصد نیاز آبی پنبه) بیشتر بوده است، به طوری که کاربرد میکوریزا در مقایسه با

www.SID.ir

Archive of SID

عدم کاربرد این کود بیولوژیک، عملکرد وش پنبه را در شرایط تامین ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۳۱/۱ و ۹۰/۳ درصد افزایش داد (شکل ۳). در همین راستا تلقیح میکوریزایی گیاه چای ترش با *Glomus intraradices* مقدار عملکرد کاسبرگ را در شرایط بدون تنش کم آبی (آبیاری پس از ۱۰۰ میلیمتر تبخیر تجمعی) ۲۰/۸ درصد و در شرایط تنش کم‌آبی (آبیاری پس از ۲۰۰ میلیمتر تبخیر تجمعی) ۹۶/٤ درصد در مقایسه با تیمار عدم تلقیح میکوریزایی افزایش داد (فلاحی و همکاران ۲۰۱۷) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. به نظر می‌رسد میکوریزا در شرایط تنش کم‌آبی از طریق گسترش انشعاب هیف‌های خود به داخل خاک میزان جذب آب را افزایش داده و آب کافی را برای فعالیتهای فیزیولوژیکی در گیاهان فراهم می‌کند (اسمیت و راد ۱۹۹۷). به عبارتی هر چند در تیمار تنش کم‌آبی متوسط (تامین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه) و عدم کاربرد میکوریزا، احتمالا با کاهش هدایت روزنه‌ای، سطح سبز و دوام آن (اسمیت و راد ۱۹۹۷) و کاهش طول مرحله زایشی و کوتاه شدن زمان پر شدن قوزه و کاهش مواد فتوسنتزی و از طرفی ریزش گل‌ها (رضوانی مقدم و صادقی ثمرجان ۲۰۰۸) در اثر تنش کمبود آب، باعث کاهش تعداد غوزه در واحد سطح و در نهایت کاهش ۳٦/۸ درصدی عملکرد وش نسبت به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد میکوریزا می‌گردد. این در حالی است که در شرایط کاربرد میکوریزا تفاوت معنی‌داری در عملکرد وش بین تامین ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه مشاهده نشد. علت این موضوع را می‌توان به نقش مثبت میکوریزا در افزایش جذب آب و عناصر غذایی و کاهش اثرات مذکور تنش کم‌آبی نسبت داد. محققین معتقدند که در شرایط کمبود آب، میکوریزا از طریق همزیستی با ریشه گیاه موجب می شود رشد ریشه گیاه و سطح جذب آن افزایش یابد و در نتیجهٔ افزایش رشد ریشه، جذب آب و عناصر غذایی به خصوص عناصر کم‌تحرک مثل فسفر و روی در گیاه همزیست بیشتر شده و به تبع آن، رشد گیاه و عملکرد آن در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی افزایش می‌یابد (حبیب‌زاده و همکاران ۲۰۱۳؛ دیمکپا و همکاران ۲۰۰۹).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و میکوریزا بر عملکرد وش پنبه

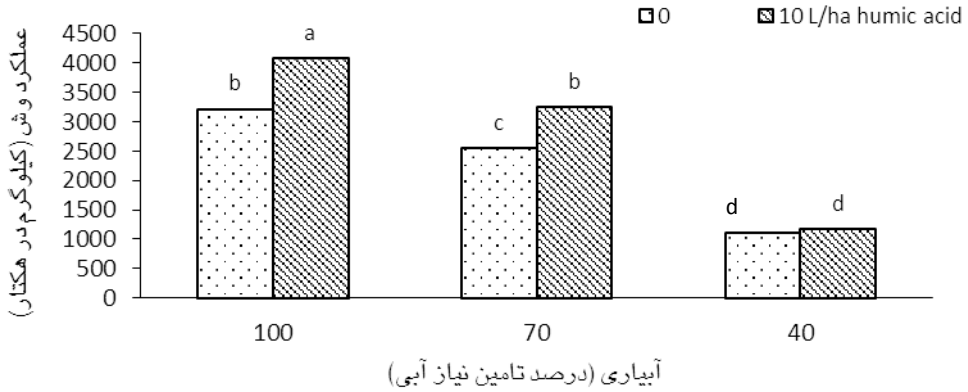
(میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)

مقایسه میانگین‌های اثر ترکیب تیماری آبیاری و اسید هیومیک بیانگر آن است که بیشترین عملکرد وش پنبه با میانگین ٤۰۷۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار در تیمار بدون تنش کم‌آبی و کاربرد اسید هیومیک و کمترین آن با میانگین ۱۱۱۱/۱۹ کیلوگرم در هکتار در تیمار تنش شدید کم‌آبی و عدم کاربرد اسید هیومیک بدست آمد. لازم به ذکر است که هر چند در شرایط آبیاری کامل و تنش متوسط کم‌آبی، کاربرد اسید هیومیک افزایش

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌دار صفت مذکور را به دنبال داشت اما در شرایط تامین ٤٠ درصد نیاز آبی پنبه افزایش معنی‌داری در این صفت با کاربرد اسید هیومیک مشاهده نشد (شکل ٤). می‌توان گفت اسید هیومیک با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه توانسته است، میزان ساخت رنگیزه‌ها را افزایش دهد (ناردی و همکاران ۲۰۰۲) و انتقال مواد فتوسنتزی را در گیاه راحت‌تر نماید و موجب افزایش عملکرد شود. برخی محققین نیز به اثرات مفید مواد هیومیکی بر رشد ریشه و تارهای کشنده اشاره داشته‌اند (لیو و همکاران ۱۹۹٦). همچنین هیومیک اسید از طریق افزایش میکروارگانیسم‌های خاک، کاهش اسیدیته و بهبود چرخه عناصر غذایی نقش مثبتی در خصوصیات شیمیایی خاک دارد (عثمان و رادی ۲۰۱۲؛ سمیدا و همکاران ۲۰۱٤). هین‌کاپی و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی اثر سطوح مختلف هیومیک اسید بر گندم گزارش کردند که هیومیک اسید، نفوذپذیری غشاهای سلولی را افزایش داده و بدین طریق ورود پتاسیم را تسهیل می‌کند که نتیجه آن افزایش فشار داخل سلولی و تقسیم سلول است. از طرف دیگر برخی محققین بر این باورند که با کاربرد اسید هیومیک تولید رادیکال آزاد اکسیژن کاهش می‌یابد که در نهایت با کاهش اثرات منفی تنش کم‌آبی منجر به افزایش تولید می‌شود (نوردین و همکاران، ۲۰۱٤).



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و هیومیک اسید بر عملکرد وش پنبه

(میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)

کارایی مصرف آب

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده آبیاری، هیومیک اسید و میکوریزا و اثر ترکیب تیماری آبیاری و میکوریزا و اثر ترکیب تیماری آبیاری و هیومیک اسید به طور معنی‌دار کارایی مصرف آب برای تولید وش را تحت تاثیر قرار داد. همچنین اثر ساده میکوریزا بر کارایی مصرف آب برای تولید بیوماس معنی‌دار شد (جدول ٤).

بر اساس مقایسه میانگین‌های اثرات ساده بیشترین کارایی مصرف آب برای تولید وش از سطح تامین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بدست آمد و کارایی مصرف آب برای تولید وش در سطح تامین ۷۰ درصد نیاز آبی از برتری معنی دار ۱۹/۲ و ٤٤/٥ درصدی نسبت به سطوح تامین ۱۰۰ و ٤٠ درصد نیاز آبی برخوردار بود (جدول ٤). به نظر می‌رسد که با وجود کاهش ۲۰/٦ درصدی عملکرد وش پنبه در شرایط تامین ۷۰ درصد نیاز آبی نسبت به شرایط تامین ۱۰۰درصد نیاز آبی،

www.SID.ir

Archive of SID

کاهش ۳۱/۳ درصدی حجم آبیاری در تیمار تنش متوسط کم‌آبی (تامین ۷۰ درصد نیاز آبی) توانسته است باعث افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب برای تولید وش در این تیمار نسبت به شرایط تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گردد. احتمالا بسته شدن بیشتر روزنه-ها و کاهش سطح برگ در تیمار تنش متوسط کم‌آبی (لک ۲۰۱۳)، تعرق را در مقایسه با تولید ماده خشک به مقدار بیشتری کاهش داده است و این موضوع باعث افزایش بهره‌وری از آب برای تولید وش در پنبه شده است. زونتا و همکاران (۲۰۱٦) در بررسی تاثیر سطوح آبیاری در پنبه گزارش کردند که بیشترین کارایی مصرف آب با ۰/۵۹ کیلوگرم بر متر مکعب از تیمار تامین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه بدست آمد که نتایج تحقیق حاضر را تایید می‌کند. لازم به ذکر است که در تحقیق زونتا و همکاران (۲۰۱٦) هر چند تیمارهای تامین ۷۰ و ٤۰ درصد نیاز آبی پنبه از نظر **کارایی** مصرف آب در یک گروه آماری قرار گرفتند، اما هر دو تیمار مذکور از برتری معنی‌دار نسبت به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در صفت کارایی مصرف آب برخوردار بودند.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمارهای کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا اختلاف معنی‌داری از نظر صفات کارایی مصرف آب برای تولید وش و بیوماس پنبه مشاهده شد، به طوری که کاربرد میکوریزا کارایی مصرف آب برای تولید وش را به طور معنی‌دار و به ترتیب ٤۸/۸ و ۲٤/۸ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد میکوریزا افزایش داد (جدول ٤). به نظر می‌رسد که افزایش هدایت روزنه ای و باز و بسته شدن روزنه‌ها در گیاهان میکوریزایی (بلندنظر و همکاران ۲۰۰۷) فتوسنتز را افزایش داده که این امر منجر به افزایش رشد ریشه‌ها و جذب آب و مواد غذایی و نهایتا عملکرد و کارآیی مصرف آب در گیاه می‌شود. میلر (۲۰۰۰) نیز نشان داد که در گیاهان میکوریزایی به دلیل افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی به ازای واحد آب مصرفی کارآیی مصرف آب افزایش می-یابد. بلندنظر و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که همزیستی با میکوریزا در پیاز، کارآیی مصرف آب را افزایش داد.

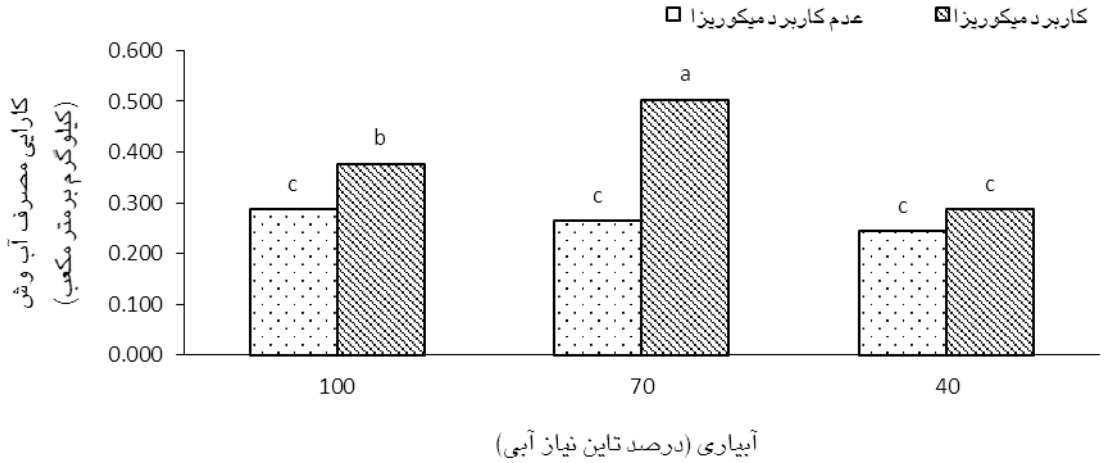
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری از نظر کارایی مصرف آب برای تولید وش پنبه مشاهده شد، به طوری که کاربرد اسید هیومیک مقدار این صفت را به طور معنی‌دار و به میزان ۲۰/۷ درصد نسبت به شرایط عدم کاربرد اسید هیومیک افزایش داد (جدول ٤). احتمالا کاربرد هیومیک اسید از طریق افزایش جذب عناصر غذایی، رشد ریشه و توان فتوسنتزی گیاه، تولید در گیاه پنبه را افزایش داده و از این طریق کارایی مصرف آب برای تولید وش را به طور معنی‌داری افزایش داد. شاه-حسینی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تأثیر کاربرد هیومیک اسید بر کارآیی مصرف آب و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد ذرت در شرایط کم‌آبیاری دریافتند که کاربرد هیومیک اسید به میزان ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر در سه مرحله در طی دوره رشد افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب را به دنبال دارد.

بر اساس مقایسه میانگین‌های اثر ترکیب تیماری آبیاری و میکوریزا، بیشترین کارایی مصرف آب با میانگین ۰/۵۰۳۵ کیلوگرم بر متر مکعب برای تولید وش در تیمار تامین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد میکوریزا بدست آمد. لازم به ذکر است که هر چند کاربرد میکوریزا در سطوح آبیاری تامین ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، افزایش معنی‌دار این صفت را باعث شد اما در شرایط تنش شدید کم آبی تاثیری بر این صفت نداشت. همچنین بیشترین افزایش کارایی مصرف آب برای تولید وش در شرایط تنش متوسط کم‌آبی بدست آمد، به طوری که با کاربرد میکوریزا نسبت به شرایط عدم کاربرد آن، کارایی مصرف آب برای تولید وش در تیمارهای تامین ۱۰۰ و ۷۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۳۱/۲ و ۹۰/۳ درصد افزایش یافت (شکل ٥). با توجه به افزایش ۳۱/۱ درصدی عملکرد وش در تیمار تامین ۱۰۰

www.SID.ir

Archive of SID

درصد نیاز آبی و کاربرد میکوریزا نسبت به تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و عدم کاربرد میکوریزا و همچنین افزایش ۹۰/۳ درصدی عملکرد وش در تیمار تامین ۷۰ درصد نیاز آبی و کاربرد میکوریزا نسبت به تیمار تامین ۷۰ درصد نیاز آبی و عدم کاربرد میکوریزا (شکل ۳) و نیز ثابت بودن میزان آب مصرفی در تیمارهای تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در شرایط کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا و همچنین در تیمارهای تامین ۷۰ درصد نیاز آبی در شرایط کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا، نتایج مربوط به کارایی مصرف آب در تیمارهای مذکور قابل توجیه می‌باشد. به عبارتی گیاهان میکوریزایی به ازای هر واحد آب مصرفی در شرایط تامین ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، وش بیشتری تولید نموده و در نتیجه کارآیی مصرف آب بالاتری دارند. از طرفی با توجه به تعریف کارایی مصرف آب برای تولید وش که از نسبت عملکرد وش به میزان آب مصرفی حاصل می‌شود، برتری معنی‌دار کارایی مصرف آب برای تولید وش در تیمار تنش متوسط کم‌آبی و کاربرد میکوریزا نسبت به تیمار بدون تنش و کاربرد میکوریزا (شکل ۵) را می‌توان به کاهش ۸/۳ درصدی عملکرد وش (شکل ۳) و صرفه‌جویی ۳۱/۳ درصدی آب مصرفی (جدول ۲)، در تیمار تنش متوسط کم‌آبی و کاربرد میکوریزا نسبت به تیمار بدون تنش و کاربرد میکوریزا مربوط دانست. همچنین به نظر می‌رسد با توجه به این که بین گیاه پنبه و قارچ میکوریزا رابطه همزیستی وجود دارد و در تیمار تنش شدید کم‌آبی به علت کاهش فتوسنتز گیاه، میزان تامین کربن مورد نیاز میکوریزا توسط گیاه نیز کاهش می‌یابد، احتمالا گیاه پنبه نتوانسته از فواید این همزیستی استفاده کند (شکل ۵). کاپور و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که کاربرد میکوریزا سبب افزایش بازده مصرف آب در رازیانه گردید. همچنین کایا و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تلقیح هندوانه با میکوریزا تحت شرایط مطلوب آبیاری و شرایط تنش کمبود آب، عملکرد و کارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهد. این محققین نیز معتقدند که کاربرد میکوریزا منجر به افزایش دسترسی گیاهان به آب و عناصر غذایی شده و با بهبود رشد رویشی گیاه، منبع قویتری برای حمایت از بخش زایشی ایجاد می‌گردد که در نهایت کارایی مصرف آب را نسبت به شرایط عدم کاربرد میکوریزا افزایش می‌دهد.



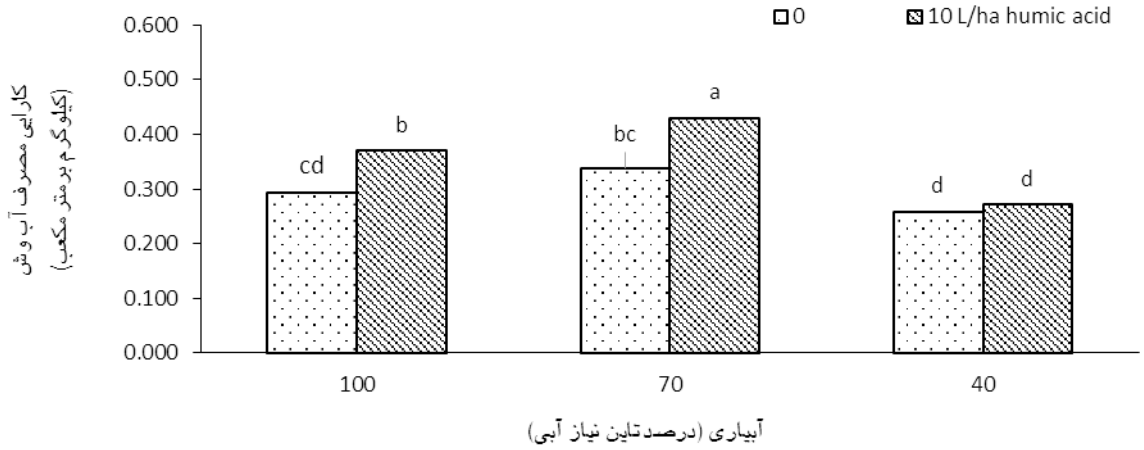
شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و میکوریزا بر کارایی مصرف آب وش پنبه

(میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)

www.SID.ir

Archive of SID

مقایسه میانگین‌های اثر ترکیب تیماری آبیاری و هیومیک اسید بیانگر این است که بیشترین و کمترین کارایی مصرف آب برای تولید وش در تیمارهای تامین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد هیومیک اسید و تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و عدم کاربرد هیومیک اسید با میانگین های به ترتیب ۰/٤۳۰٤ و ۰/۲۹۳۱ کیلوگرم بر متر مکعب بدست آمد. لازم به ذکر است که هر چند در شرایط آبیاری کامل و تنش متوسط کم‌آبی، کاربرد اسید هیومیک افزایش معنی‌دار صفت مذکور را به دنبال داشت اما در شرایط تامین ٤۰ درصد نیاز آبی پنبه افزایش معنی‌داری در این صفت با کاربرد اسید هیومیک مشاهده نشد (شکل ٦). به نظر می‌سد با توجه به تاثیرات مثبت کاربرد هیومیک اسید که قبلا اشاره شد، در شرایط آبیاری کامل و تنش متوسط کم‌آبی استفاده از این کود آلی از طریق افزایش معنی‌دار عملکرد وش (شکل ۳)، کارایی مصرف آب برای تولید وش را به طور معنی‌داری افزایش داده است.



شکل ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و هیومیک اسید بر کارایی مصرف آب وش پنبه

(میانگین‌هایی که حداقل یک حرف لاتین مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند)

درصد کیل و شاخص برداشت وش

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تنها اثر ساده میکوریزا بر درصد کیل معنی‌دار شد و سایر اثرات ساده و متقابل بر این صفت معنی‌دار نشد. همچنین شاخص برداشت وش نیز تنها تحت تاثیر اثر ساده آبیاری قرار گرفت و سایر اثرات ساده و متقابل بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ٤). مقایسه میانگین‌های اثر ساده میکوریزا نشان داد که با کاربرد میکوریزا درصد کیل به طور معنی‌دار و از ۳۲/۲٦ به ۳۷/۲۹ درصد افزایش یافت (جدول ٤). این به آن معناست که که استفاده از میکوریزا باعث گردید که سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی به تولید الیاف اختصاص پیدا کند. احتمالا در شرایط استفاده از میکوریزا با تامین آب کافی برای گیاه، اندازه و وزن دانه به حداکثر ممکن برای این رقم پنبه (خرداد) رسیده و مواد فتوسنتزی بیشتری برای تولید الیاف فراهم گردیده است.

نتایج نشان داد که بیشترین شاخص برداشت وش با میانگین ٤٤/۸٦ درصد از تیمار تامین ۷۰ درصد نیاز آبی بدست آمد که هر چند با تیمار تامین ۱۰۰ درصد نیاز آبی در یک گروه آماری قرار گرفت اما از برتری

www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌داری نسبت به تیمار تامین ٤٠ درصد نیاز آبی (۳۵/۹۲ درصد) برخوردار بود (جدول ٤). به نظر می‌رسد در شرایط تنش شدید کم‌آبی سهم کمتری از مواد فتوسنتزی به بخش اقتصادی گیاه (وش) اختصاص یافته است و احتمالا در این شرایط گیاه برای بقا و ادامه رشد، سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه و بخش رویشی منتقل می‌نماید. به عبارتی در این تحقیق تنش ناشی از کمبود شدید آب، عملکرد وش را به میزان بیشتری نسبت به عملکرد بیولوژیکی کاهش داده است که در نتیجه آن شاخص برداشت وش به طور معنی‌داری کاهش یافت. لک (۲۰۱۳) نیز گزارش کرد که تحت تنش خشکی، شاخص برداشت ذرت به طور معنی‌داری کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که تنش کم‌آبی موجب کاهش صفات مورفولوژیکی و عملکردی پنبه شد اما تامین ۷۰ درصد نیاز آبی گیاه (تنش متوسط کم‌آبی)، افزایش معنی‌دار کارایی مصرف آب برای تولید وش را باعث گردید. کاربرد میکوریزا و هیومیک اسید تأثیر مثبت و معنی‌داری بر اغلب صفات مورد مطالعه در شرایط بدون تنش و تنش متوسط کم‌آبی داشت اما نقش میکوریزا در تخفیف تنش خشکی پررنگ تر بود، به طوری که مقایسه میانگین‌های اثر ترکیب تیماری نشان داد که در تیمار تنش متوسط کم‌آبی، کاربرد میکوریزا موجب افزایش بیشتر عملکرد اقتصادی (وش) و کارایی مصرف آب برای تولید وش در مقایسه با کاربرد هیومیک اسید شد. به طور کلی بر اساس نتایج این تحقیق با در نظر گرفتن کارایی مصرف آب و عملکرد وش پنبه، تیمار تنش متوسط کم‌آبی و کاربرد میکوریزا را برای زراعت این گیاه در بیرجند می‌توان مورد توجه قرار داد.

تشکر و قدردانی

از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بیرجند برای حمایت مالی اجرای این تحقیق تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M, 1998. Crop evapotranspiration. FAO irrigation and drainage, Paper 56. Rome, Italy: Food and Agricultural Organization of the UN.

Ayas H and Gulser F, 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences, 5: 801-804.

Azad Khankandi S, Oraghi Ardebili Z and Moghadam AR,۲۰۱۳ . The effects of foliar nitrogen fertilization and arbuscular mycorrhizal colonization on the growth and physiology in basil (*Ocimum basilicum* L.) .Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, 3(2): 18-22.

Barzegar T, Moradi P, Hasanzadeh Z, Ghahremani Z and Nikbakht J, 2018. Evaluation of growth, yield and vitamin C content of okra with application of putrescine and humic acid under deficit irrigation stress. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28(1): 109-123. (In Persian).

Basal H, Sezener V, Canavar O, Kızılkaya K and Dagdelen N, 2014. Effects of water stress and plant density on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars differing in maturity and seed size: I. Yield components and fiber quality parameters. International Journal of Agriculture Innovations Research, 3(3): 755-760.

www.SID.ir

Archive of SID

Bolandnazar S, Aliasgarzad N, Neishabury MR and Chaparzadeh N, 2007. Mycorrhizal colonization improves onion (*Allium cepa* L.) yield and water use efficiency under water deficiet condition. Scientia Horticulturae, 114(1): 11-15.

Cabuslay GS, Ito O and Alejal AA, 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. Plant Science, 63: 815-827.

Canellas LP, Olivares FL, Aguiar NO, Jones DL, Nebbioso A, Mazzei P and Piccolo A, 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulturae, 196: 15-27.

Cardoso IM and Kuyper TW, 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment, 116: 72-84.

Dimkpa C, Weinand T and Ash F, 2009. Plant- rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. Plant Cell Environment, 32: 1682–1694. https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02028.x.

Fallahi HR, Ghorbani M, Aghhavani-Shajari M, Samadzadeh A, Khayyat M, Maraki Z and Asadian AH,2017. Effects of irrigation management, mycorrhizal inoculation and humic acid application on color characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) dried sepals. Environmental Stresses in Crop Sciences, 10(4): 571- 582. (In Persian)

Gholami A, Akbari I and Abbas Dokht H, 2015. Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of Fennel (*Foeniculum vulgar*). Journal of Agroecology, 7(2): 215-224. (In Persian)

Habibzadeh Y, Pirzad A, Zardashti MR, Jalilian J and Eini O, 2013. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on seed and protein yield under water-deficit stress in Mung Bean. Agronomy Journal, 105: 79–84.

Hincapie CSG, Mondragon F and Lopez D, 2011. Conventional in situ transesterification of castor seed oil for biodiesel production. Fuel, 90: 1618-1623.

Hussein F, Janat M and Yakoub A, 2011. Assessment of yield and water use efficiency of drip-irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as aff ected by defi cit irrigation. Turkish Journal of Agricultural and Foretry, 35: 611-621.

Kapoor R, Giri B and Mukerji KG, 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology, 93: 307-311.

Khoram Ghahfarokhi A, Rahimi A, Torabi B and Maddah Hosseini Sh, 2015. Effect of humic acid application and foliar spraying of compost tea and vermiwash on nutrient absorption and chlorophyll content of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Oil Plants Production, 2(1): 71-84. (In Persian).

Khosravi A, 2015. Effect of irrigation interval, foliar application of methanol and plant density on morphophysiology traits, yield and yield components of cotton. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Azad University of Birjand, Iran. (In Persian).

Lack Sh, 2013. Evaluation of physiological traits effective on seed yield of corn in different irrigation, nitrogen and plant density levels. Crop Physiology Journal, 5(19): 17-33. (In Persian).

Liu C, Cooper RJ and Bowman DC, 1996. Humic acid application affects photosynthesis, root development and nutrient content of creeping bentgrass. Hort Sciences, 33(6): 1023-1025.

www.SID.ir

Archive of SID

Miller MH, 2000. Arbuscular mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize: Areview of guelph studies. Canadian Journal of Plant Scenceis, 80: 47-52.

Nasooti R, Samavat S and Tehrani MM, 2011. Effects of humic acid fertilizer on plant and soil. Agriculture and Food, 101: 53-55. (In Persian).

Nurdin S, Misebah FA, Haron SF, Ghazali NS and Gimbun J, 2014. A cost effective catalyst for biodiesel synthesis from Rubber and Jatropha curcas seeds oil. Chemical Engineering and Applications, 5(6):483-488.

Osman ASh and Rady MM, 2012. Ameliorative effects of sulphur and humic acid on the growth, antioxidant levels and yields of pea (*Pisum sativum* L.) plants grown in reclaimed saline soil. Journal Horticulture Sciencesand Biotechnology, 87: 626–632.

Oveysi M and Ghoshchi F, 2012. Study of humic acid role on reduction of water deficit stress effects on crops. Agriculture and Sustainable Development, 43: 12-16. (In Persian).

Panwar J and Tarafdar JC, 2006. Arbuscular mycorrhizal fungal dynamics under Mitragyna parvifolia (Roxb.) Korth. In Thar Desert. Applied Soil Ecology. 34: 200-208.

Papastylianou P and Argyrokastritis IG. 2014. Effect of limited drip irrigation regime on yield, yield components, and fiber quality of cotton under Mediterranean conditions. Agricultural Water Management, 142: 127–134. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.05.0053

Paul S, Rathi MS and Tyagi P, 2011. Interactive effect with AM fungi and Azotobacter inoculated seed on germination, plant growth and yield in cotton (*Gossypium hirsutum*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 81(11): 1041-1045.

Rady MM, Abd El-Mageed TA, Abdurrahman HA and Mahdi AH, 2016. Humic acid application improves field performance of cotton (*Gossypium barbadense* L.) under saline conditions. The Journal of Animal and Plant Sciences, 26(2): 487-493.

Rahimi Z, Mozaffari H and Hasanpour D, 2016. Study of the effect of humic acid on irrigation water on yield and yield components of rapeseed. Agronomy and Plant Breeding, 12(1) : 95-106. (In Persian)

Rezvani Moghaddam P and Sadeghi Samarjan R, 2008. Effect of sowing dates and different irrigation regimes on morphological characteristics and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research, 6(2): 315-325. (In Persian).

Rezvani Moghaddam P, Norouzian A and Seyyedi SM, 2015. Evaluation the effects of manure and mycorrhizal inoculation on grain and oil yield of spring safflower cultivars (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology, 7(3): 331-343.

Robertson MJ, Fukai S and Peoples MB, 2003. The effect of timing and severity of water deficit on growth development, yield accumulation and nitrogen fixation of Mung bean. Field Crop Research, 86(1): 67-80.

Salehi B, Bagherzadeh A and Ghasemi M, 2010. Effect of humic acid on growth, yield and yield components traits of three variety of *Lycopersicon esculentum* L. Agroecology Journal, 2(4): 640-647. (In Persian).

Semida WM, Abd El-Mageed TA and Howladar SM, 2014. A novel organo-mineral fertilizer can alleviate negative effects of salinity stress for eggplant production on reclaimed saline calcareous soil. Acta Horticulture, 1034: 493–499.

www.SID.ir

Archive of SID

Siskhani A. 2014. Effect of zinc and silicium nano on yield and agronomic traits of cotton under water stress conditions. M.Sc. Thesis, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Birjand Branch, Birjand, Iran. (In Persian)

Shahhosseini Z, Gholami A and Asghari Asghari H, 2012. Effect of arbuscular mycorrhiza and humic acid on water use efficiency and physiological growth indices of maize under water deficit condition. Arid Biome, 2(1): 39-57.

Sharma AK, 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 407 p.

Zonta JH, Brandao ZN, Sofiatti V, Bezerra JR and Medeiros JC, 2016. Irrigation and nitrogen effects on seed cotton yield, water productivity and yield response factor in semi-arid environment. Australian Journal of Crop Science, 10(1): 118-126.

USDA-ERS, 2017. Cotton and Wool Outlook. (Accessed 29 August 2018). http://usda. mannlib.cornell.edu/usda/ers/CWS//2010s/2017/CWS-09-14-2017.

www.SID.ir