نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۲، خرداد - تیر ۱۳۹۷، ص. ۲۷۴-۲۶۰

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 12, Jan.-Jul. 2018, p. 260-274

تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر کارایی مصرف آب و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد گیاه دارویی حنا در شرایط کم‌آبیاری

علیرضا وحیدی[۱]، امین علیزاده[۲*]، امین باقی‌زاده[۳] و حسین انصاری[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۶

چکیده:

تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر کارایی مصرف آب و شاخص‌های فیزیولوژیکی گیاه دارویی حنا در سه رژیم آبیاری در یک آزمایش گلخانه‌ای، در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ مورد مطالعه قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل‌های کودی (بدون کود (F_1)، اسیدهیومیک(F_2)، تلقیح میکوریزایی × ورمی‌کمپوست(F_3)، ورمی‌کمپوست(F_4) و کود شیمیایی NPK (F_5)) و عامل‌های تنش آبی (۱۰۰ درصد نیاز آبی (I_1) ، ۸۰ درصد نیاز آبی (I_2)، ۶۰ درصد نیاز آبی(I_3)) می‌باشد. نتایج نشان داد که همزیستی قارچ میکوریزا، کاربرد اسیدهیومیک و شرایط بدون تنش آبی، ارتفاع بوته، قطر بوته، وزن خشک برگ، وزن خشک بوته، تعداد گره‌ها، فاصله میان گره‌ها، تعداد برگ و تعداد شاخه فرعی را افزایش داد. ضمن این‌که صفات فوق در شرایط تنش کم‌آبی، بدون همزیستی میکوریزایی و کاربرد کود کاهش یافتند. تلقیح میکوریزایی و کاربرد اسیدهیومیک به طور معنی‌داری کارایی مصرف آب را افزایش داد. اثر متقابل تنش کم‌آبی و تلقیح میکوریزایی × ورمی‌کمپوست بر کارایی مصرف آب در گیاه حنا معنی‌دار بود. بیش‌ترین کارایی مصرف آب از کاربرد تلقیح میکوریزایی × ورمی‌کمپوست (F_3) و شرایط تنش شدید (I_3) و کم‌ترین میزان آن از تیمار شاهد (I_1) به ترتیب $^{g}/_{m^3}$ ۸۹/۵۰ و $^{g}/_{m^3}$ ۳۷/۴۲ حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: اسیدهیومیک، حنا، کارایی مصرف آب، کود شیمیایی، میکوریزا، ورمی‌کمپوست

مقدمه

از راه‌های افزایش تحمل کم آبی و افزایش عملکرد در گیاهان زراعی استفاده از قارچ‌های میکوریزا است(Mosse et al.,1981). میکوریزا از عوامل بیولوژیک در خاک‌های زراعی است، که ویژگی مفید آن در همزیستی با گیاهان موجب افزایش مطالعات علمی در این زمینه شده و علاقه‌مندی بیشتری در استفاده تجاری آن به‌عنوان کودهای زنده به وجود آورده است. تلقیح خاک با میکوریزا، رشد و عملکرد گیاهان را در محیط آزمایشگاهی در مزرعه افزایش می‌دهد. میکوریزا افزایش جذب عناصر غذایی را از راه افزایش انشعابات ریشه گیاه و ریسه قارچ در یک محدوده معین از خاک ممکن می‌سازد (Allen et al.,1983). و از این طریق موجب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود مقاومت به کم آبی و یا تحمل در گیاه میزبان می‌شود. از جمله این تغییرات، افزایش هدایت هیدرولیکی آب در درون گیاهان میکوریزایی است که می‌تواند به علت‌های زیر باشد ۱ - افزایش مجموع سطح ریشه به دلیل ایجاد پوشش وسیع میسلیومی در منطقه ریشه و تارهای کشنده۲- نفوذ هیف به درون کورتکس ریشه و از آن‌جا به منطقه آندودرم، مسیر مناسبی در عرض ریشه برای حرکت آب فراهم آورده و آب با مقاومت کم‌تری در عرض ریشه تا رسیدن به آوند چوبی رو به رو می‌شود ۳- هیف از راه افزایش جذب عناصر غذایی مقاومت به انتقال آب را در ریشه کاهش می‌دهد و ۴- ذخیره آب در هیف و انتقال آن به گیاه در زمان تنش خشکی این قارچ‌ها دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی بوده و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر و برخی عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب، کاهش تاثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، موجب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Sharma., 2002). به طوری‌که در پیاز همزیستی با قارچ میکوریزای macrocarpum

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه مهندسی آب، ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشیار گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته
۴- استاد گروه مهندسی آب، ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* - نویسنده مسؤل: (Email: alizadeh@gmail.com

Glomus ماده خشک آن را پنج تا شش برابر نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی افزایش می‌دهد (Thomas et al.,1986).

سانگ همبستگی بالایی را بین وضعیت تغذیه‌ای گیاه و مقاومت به خشکی آن در حضور میکوریزا گزارش کرد (Song, 2005). هرچند پژوهش‌های زیادی ثابت نموده‌اند که اثر قارچ‌های میکوریزا بر روابط آبی گیاه میزبان می‌تواند مستقل از وضعیت تغذیه‌ای فسفر باشد (Belthenfalvay et al., 1998). همزیستی میکوریزایی اغلب منجر به ایجاد تغییراتی در سرعت حرکت آب به داخل، سراسر و یا خارج گیاه میزبان شده و برروی آبگیری بافت و فعالیت‌های فیزیولوژیکی برگ تاثیر گذارد است (Auge, 2001) و حتی سطح جذب ریشه را تا ۴۷ برابر افزایش دهد. رشد و توسعه قارچ‌های میکوریزا به بستر مناسبی از مواد آلی نیاز دارد و با اصلاح ساختار خاک رشد و توسعه این قارچ‌ها افزایش می‌یابد (Smith et al., 1997).

از ترکیباتی که در اصلاح ساختار خاک نقش مهمی دارد اسیدهیومیک است و از تجزیه مواد آلی در خاک حاصل می‌شود. به‌طور کلی، هیومیک‌ها پیش از این‌که کود باشند، اصلاح کننده خاک هستند. پلیمرهای اسیدهیومیک شبیه یک چسب آلی عمل می‌کنند و ذرات مواد معدنی خاک را به هم چسبانده و ضمن ایجاد گرانول‌های درشت‌تر، فضای مناسب برای موجودات میکروسکوپی و ماکروسکوپی، نفوذ بیشتر هوا، آب و ریشه فراهم می‌کند. در نتیجه این پلیمرها یک عامل کلیدی در اصلاح ساختار خاک‌ها هستند (Singer et al., 1997). اسیدهیومیک با تولید بیش‌تر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه، تکثیر سلولی را درکل گیاه و به ویژه در ریشه‌ها افزایش می‌دهد (Dursun et al., 2002). اسیدهیومیک با اصلاح فیزیکی و بهبود دانه‌بندی خاک فضای بیش‌تری برای نفوذ آب ایجاد می‌کند. پیوند مولکول‌های اسیدهیومیک با مولکول‌های آب، تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می‌گردد. مولکول‌های فولویک‌اسید (بخش ریز مولکول از اسیدهیومیک) که به درون بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کنند با پیوند شدن به مولکول‌های آب تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده به حفظ آب در درون گیاه کمک می‌کنند (Bronick et al., 2005). اسیدهیومیک با بهبود تولید قند، پروتیین، ویتامین در گیاه و نیز تاثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز دارد در افزایش عملکرد و کیفیت محصول نقش دارد (Sharif et al., 2002). این نتایج در مورد ذرت (Albuzio et al., 1994). و گوجه فرنگی (Adani et al., 1998) نیز تایید شده است.

پژوهش هازاریکا و همکاران بر روی گیاه چای۱ (Tea) و در شرایط مزرعه‌ای انجام گرفت، نتایج نشان داد، کاربرد یک گونه از باکتری حل کننده فسفات در حضور سنگ فسفات معدنی موجب افزایش قابل توجه بیوماس و درصد کلونیزاسیون ریشه گردید (Hazarika et al., 2000). کاربرد یک میکروارگانیزم حل کننده فسفات در بستر حاوی پرلیت و ورمی‌کولیت، نیز سبب بهبود معنی‌دار عملکرد بیولوژیک در گیاه دارویی نعناع شد (Cabello et al., 2005). تحقیق آنامالای و همکاران نیز مبین بهبود معنی‌داری عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی از تیره فرفیون[۲] در اثر مصرف باکتری‌های حل کننده فسفات در مقایسه با تیمار شاهد بود (Annamalai et al., 2004). در خصوص اثر استفاده از ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های مورد بررسی در گیاهان دارویی، انور و همکاران) مشاهده نمودند که مصرف پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست همراه با کود شیمیایی (NPK به میزان، ۵۰، ۲۵ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار) موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی ریحان[۳] (Sweet basil) نسبت به تیمار شاهد گردید (Anwar et al., 2005). همچنین پاندی در مطالعه خود که رو ی گیاه دارویی درمنه[۴] (Mugwort) انجام شد، نشان داد که مصرف ورمی‌کمپوست موجب بهبود قابل ملاحظه گلدهی در مقایسه با شاهد گردید (Pandey et al., 2005). در بررسی که توسط آرانکون وهمکاران بر رو گیاه توت فرنگی[۵] (Strawberry) و با استفاده از مقادیر پنج و ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست صورت گرفت، مشخص گردید که کاربرد مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست، به‌طور معنی‌داری تعداد گل‌ها را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد (Arancon et al., 2004)

افزایش فتوسنتز گیاه توسط قارچ‌های میکوریز توسط کوپتا و همکاران به اثبات رسیده است. شواهد بسیار زیادی وجود دارد که گیاهان می‌توانند سرعت فتوسنتز خود را افزایش دهند تا نیازهای همزیست خود را تامین نمایند. این عمل از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت Co2 به ازای واحد وزن برگ انجام می‌گیرد (Copetta et al., 2006). گیاهان میکوریزی در دوره‌های خشکی بهتر از گیاهان غیرمیکوریزی Co2 را جذب می‌نمایند (Azcn-Aguilar et al., 2002).

همزیستی میکوریزی همچنین سبب افزایش تحمل گیاهان میزبان به دمای زیاد، آلودگی قارچ‌های بیماری‌زا و اسیدیته بالای خاک و همچنین تحمل به خشکی می‌شود (Chen et al., 2006).

کیفیت در گیاهان دارویی (نسبت به گیاهان زراعی) از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. برای رشد گیاهان عوامل محیطی تأثیر

1- sinensis Camellia

2- Amarus Phyllanthus
3- Basilicum Ocimum
4- Pallens Artemisia
5- Ananasa Fragaria

بسزایی دارند که برخی از آن‌ها تحت کنترل بشر می‌باشند. از جمله این عوامل آبیاری و استفاده از کود است که به منظور افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاهان بسیار موثر هستند. کمبود آب مهم‌ترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌رود (Amirpoor et al., 1995). تنش خشکی می‌تواند با تغییر اختلاف پتانسیل و تأثیر بر قدرت جذب آب و املاح توسط ریشه‌ها باعث تغییر میزان جذب عناصر توسط گیاه گردد. (Tavoosi., 2000). از این رو کنترل میزان آب موجود در سطح ریشه‌ها می‌تواند به افزایش کیفیت در گیاهان دارویی کمک کند (Omid baigi., 2007).

مصرف کود های بیولوژیکی نسبت به کودهای شیمیایی حایز اهمیت بیش‌تری است. کودهای شیمیایی صرفا یک یا چند عنصر مورد نیاز برای رشد گیاه را فراهم می‌کنند، در حالی‌که کودهای بیولوژیک ضمن در دسترس قرار دادن بسیاری از عناصر کم‌مصرف و پرمصرف، باعث بهبودی خواص فیزیک و شیمیایی خاک و ایجاد محیط مناسب برای رشد بهتر و عملکرد و کیفیت بالاتر گیاهان می‌شوند. (Farzaneh et al., 1990).

اصطلاح کودهای بیولوژیک به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌گردد بلکه ریزموجودات باکتریایی و قارچی و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها در رابطه با تثبیت نیتروژن، فراهمی فسفر و سایر عناصر غذایی از مهم‌ترین کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند (آستارایی،۱۳۸۷).

در مطالعه‌ای که به منظور بررسی اثر تلقیح گیاه دارویی بشقابی[1] (Gotu Kola) با مایکوریزا توسط جوشی و همکاران انجام شد تلقیح باعث افزایش رشد ریشه و به‌طور کلی افزایش توان رشد گیاه در خاک‌های با مقادیر کم فسفر گردید (Joshee et al., 2007).

اگر چه استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی قدمت زیادی دارد ولی بهره‌برداری علمی از این گونه منابع سابقه چندانی ندارد. هر چند کاربرد این کودها در دهه اخیر کاهش یافته ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به وجود آورده است استفاده از آن‌ها در کشاورزی مجددا مطرح شده است (علیزاده،۱۳۸۶).

گیاه حنا [2] (Henna) از گیاهان ارزشمند مناطق گرم و خشک کشور به ویژه شهرستان بم است که برگ‌های آن برای تولید رنگ‌های آرایشی و بهداشتی، مصارف متعدد دارویی و پزشکی و تولید رنگ‌های ثابت صنعتی بکار می‌رود. ایران از مناطق کشت عمده حنا و از مهم‌ترین صادرکنندگان پودر حنا در جهان می‌باشد (کرمپور،۱۳۹۴). با توجه به این‌که مصرف گیاهان دارویی از جمله حنا در دنیا رو به افزایش می‌باشد بایستی مدیریت کود و آب سازگار با تولید و شرایط رشدی این گیاه بهینه و معرفی گردد. برگ‌های حنا دارای تانن، صمغ، پنتوزان، کوئینون، اسانس، مواد چرب و مواد رزینی می‌باشد. مهم‌ترین ترکیب شناخته شده حنا لاوسون نام دارد که ماده اصلی رنگی در حنا محسوب می‌شود. لاوسون به صورت بلورهای منشوری شکل در اسیداستیک به دست می‌آید که در دمای ۱۹۵-۱۹۶ درجه تجزیه می‌شود (حمیدپور،۱۳۹۱). در تحقیقی که در مورد اثرات ورمی-کمپوست بقایای درخت خرما و کود حیوانی گاوی بر رشد حنا در ایران مورد بررسی قرار گرفت نشان داد که تمامی فاکتورهای رویشی در گیاه حنا تحت تأثیر کودهای آلی کمپوست خرما و کود گاوی افزایش یافتند و استفاده از کود گاوی و کمپوست خرما به تنهایی و با یکدیگر باعث افزایش رشد رویشی گیاه حنا شد (عسکری،۱۳۹۳).

هدف از این مطالعه (که برای اولین بار در ایران انجام شده است) مطالعه و بررسی اثرات کودهای بیولوژیکی و مدیریت آب بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی حنا می‌باشد، تا با شناسایی کودهای بیولوژیکی مناسب که در شرایط کم‌آبی بتوانند حداکثر راندمان داشته باشند در جهت حرکت به سمت پایداری بیش‌تر سیستم‌های زراعی گام برداشت تا ضمن کاهش هزینه‌های تولید محصولات زراعی به‌خصوص گیاهان دارویی و صرفه‌جویی در مصرف آب و کود به حفظ محیط زیست کمک گردد و همچنین با ترویج و ترغیب کشاورزان بومی منطقه به کشت این گیاه دارویی با ارزش که در حال انقراض و فراموشی است ضمن به حداکثر رساندن درآمد آن‌ها با مدیریت بهینه کود و آب در جهت جلوگیری از انقراض این گیاه بومی منطقه گام مهمی برداشت.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی و تنش کم‌آبی بر برخی صفات رشدی، کارایی مصرف آب و کلونیزاسیون میکوریزا در گیاه دارویی حنا، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل که عامل اول شامل تیمارهای کودی (بدون کود (F_1)، اسیدهیومیک(F_2)، تلقیح میکوریزایی × ورمی‌کمپوست(F_3)، ورمی‌کمپوست(F_4) و کود شیمیایی NPK (F_5)) و عامل دوم شامل سطوح مختلف تنش کم‌آبی (۱۰۰ درصد نیاز آبی (I_1) ، ۸۰ درصد نیاز آبی (I_2) و ۶۰ درصد نیاز آبی(I_3)) در پانزده تیمار و سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بم با طول جغرافیایی ۵۸/۲۱ درجه و عرض جغرافیایی ۲۹/۰۶ درجه و ارتفاع ۱۰۵۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ انجام شد. قبل از کشت، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زراعی در آزمایشگاه اندازه‌گیری و تعیین شد و نتایج در جدول ۱ ارایه شده است. همچنین در جدول ۲ خصوصیات کود ورمی کمپوست که در طرح تحقیقاتی استفاده شده آمده است.

1- Integrifolia Scutellaria
2- Lawsonia inermis

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

PH	Ec(ds/m)	P(mg/kg)	K(mg/kg)	N(mg/kg)	Clay(%)	Sand(%)	Silt (%)
۷/۳۳	۰/۸۰۲	۱۰/۰۶	۲۵۹/۴	۵۰۴	۳	۵۸	۷

جدول۲- خصوصیات شیمیایی کود ورمی‌کمپوست

	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم	مس	روی	آهن	EC (ds/m)	PH
	میلی‌گرم در کیلوگرم (mg/kg)									
ورمی‌کمپوست	۷۸۰۰	۴۳۰۰	۴۱۰۰	۴۵۰۰۰	۱۳۰۰۰	۲۴	۱۲۰	۱۶۰۰۰	۸/۷	۸/۳

تعیین نیاز آبی گیاه حنا

یک روش برای کاهش هزینه و فراهم کردن امکان ساخت لایسیمترهای متعدد استفاده از لایسیمترهای کوچک است. با توجه به فضای زیاد اشغال شده توسط لایسیمتر در درون گلخانه پژوهشگری با ارایه نوعی از لایسیمتر با نام میکرولایسیمتر[1] این مشکل را حل کرد (baille, 2000). این لایسیمترها که مخصوص گلخانه است به ارتفاع و قطر ۳۰ سانتی‌متر است و دارای شیر تخلیه زه‌آب و صفحه مکش برای تخلیه کامل آب است. همچنین در این لایسیمتر از روش وزنی برای تعیین تغییرات رطوبت استفاده شده است. تعادل آب ورودی و خروجی در میکرولایسیمتر با فرمول ۱ بدست می‌آید (baille, 2000).

$$P+I\pm RO=ET+D_P \pm \Delta S \quad (۱)$$

P : مقدار بارندگی که در گلخانه صفر در نظر گرفته می‌شود

I : میزان آب آبیاری

ET : تبخیر و تعرق

D_P : نفوذ عمقی

RO: رواناب سطحی خارج شده از سطح زمین که مقدار آن نیز در گلخانه صفر در نظر گرفته می‌شود

ΔS : تغییر ذخیره رطوبتی خاک

در ابتدا بذر گیاه حنا تهیه شده از مزارع بومی منطقه به مدت هفت روز در داخل آب خیسانده شدند زیرا بذر حنا دارای ماده قرمز بنام لاوزین است که اثر بازدارندگی در جوانه‌زنی بذر دارد. کاشت بذر در گلدان‌هایی به قطر و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر در تاریخ اول بهمن ماه ۱۳۹۳ و پس از این‌که بخشی از بذرهای مورد نیاز با مایه تلقیح میکوریزایی تلقیح شدند، انجام گردید و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. پنج عدد بذر در عمق ۲ سانتی‌متری خاک در هر گلدان کاشته شد. در زیر هر گلدان یک زیرگلدانی برای جمع‌آوری زه‌آب گلدان‌ها قرار داده شد به‌طوری که نیم ساعت بعد از هر آبیاری آب زیر گلدان‌ها مجددا به گلدان مربوطه اضافه گردید. مدتی پس از سبز شدن و در مرحله پنج برگی که ۴۰ روز طول کشید یک بوته گیاه حنا در هر گلدان نگه داشته و بقیه بوته‌ها حذف شدند.

مایه تلقیح قارچ میکوریزایی بنام mosseae Glomus که به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بود از موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید. تیمار با قارچ میکوریزایی بصورت تلقیح بذر انجام گرفت به طوری‌که هر بذر آغشته به مایه تلقیح میکوریزایی در حدود ۲۵۰-۲۰۰ اندام فعال قارچی دریافت کرد.

جهت اندازه‌گیری درصد همزیستی ریشه‌ها با میکوریزا، هم‌زمان با برداشت بوته‌ها، از ریشه‌های آن‌ها به ویژه ریشه‌های مویین و نازک، نیز نمونه‌برداری به‌عمل آمد. سپس ریشه‌ها به دقت با آب مقطر شستشو شد و از محلول[2] FAA برای تثبیت ریشه‌ها استفاده گردید. مراحل رنگبری ریشه‌ها و سپس رنگ‌آمیزی آن‌ها طبق روش فیلیپس و هیمن صورت گرفت (Philips et al., 1970). ابتدا برای بی‌رنگ کردن ریشه‌ها از محلول ده درصد KOH به مدت ۳ ساعت استفاده شد و بعد نمونه‌ها با آب مقطر به‌خوبی شستشو شدند . برای رنگ آمیزی ریشه‌ها از محلول حاوی ۰/۰۵ درصد تریپان بلو در لاکتوگلیسرول استفاده گردید. به منظور تعیین درصد همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه حنا ، از روش خطوط متقاطع استفاده شد (Li-Lin et al., 1997). بدین صورت که در مورد هر تیمار، ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده به قطعات یک سانتی‌متری برش داده شدند و به همراه محلول رنگبر لاکتوگلیسرول روی پلیت شیشه‌ای قرار داده شدند. سپس قطعات ریشه از نظر وجود اندام‌های قارچی در محل تلاقی خطوط افقی و عمودی کاغذ شطرنجی مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به صورت درصد بیان شد.

ورمی‌کمپوست به‌کار رفته در آزمایش نیز با استفاده از کود دامی و گونه‌ای کرم خاکی بنام Foetida Eisenia در ایستگاه خاک و آب تهیه گردید. میزان کود ورمی‌کمپوست مصرفی ۵ تن در هکتار بود.

اسیدهیومیک به غلظت ۹۰۰ میلی‌گرم در لیتر در سه مرحله (مرحله پنج برگی، مرحله رشد میانی و مرحله ظهور تاج گل) در آب

1- *Micro lycimeter*

2- *Formalin Acid Allcohol*

آبیاری استفاده شد.

کود شیمیایی با مصرف NPK به میزان ۱۰۰، ۷۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نوع اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات‌پتاسیم در نظر گرفته شد.

در این تحقیق صفات کمی گیاه حنا مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور اندازه‌گیری صفات کمی گیاه حنا بوته را در هر گلدان برداشت کرده، ارتفاع بوته، قطر بوته، تعداد گره‌ها و فاصله میان گره‌ها اندازه-گیری و سپس بوته در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد خشک شد. پس از خروج بوته خشک شده از آون ابتدا وزن خشک بوته را اندازه‌گیری و سپس ۶ برگ خشک (کوچک، متوسط و بزرگ) از بوته خشک انتخاب و توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ وزن شد. میانگین وزنی برگ‌ها به‌عنوان وزن خشک برگ بوته در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری کارایی مصرف آب

برای اندازه گیری عملکرد کارآیی مصرف آب کارآیی مصرف آب در تیمارهای مختلف آزمایشی با محاسبه نسبت ماده خشک تولید شده به حجم آب مصرفی تعیین شد.

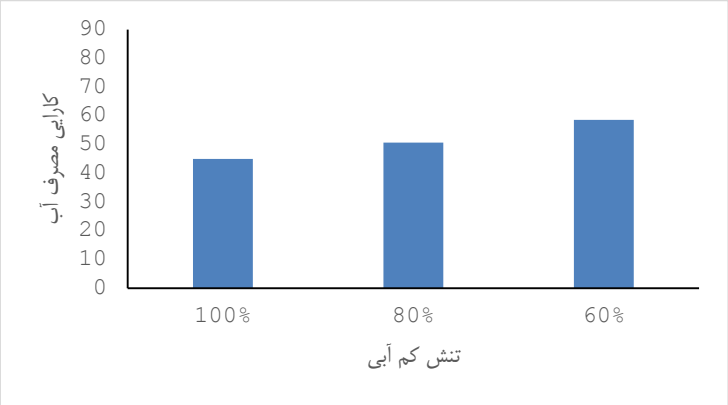
$$WUE^{1}=DM/WU \quad (۲)$$

در این معادله، DM میزان ماده خشک تولیدی و WU میزان آب مصرفی در تیمار شاهد و تیمارهای تنش است. مقدار آب مصرف شده در دوره رشد ۱۲۰ روزه گیاه حنا برای سطوح تنش کم آبی (۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۸۰ درصد نیاز آبی و ۶۰ درصد نیاز آبی) به ترتیب ۸۵۰۰، ۶۸۰۰ و۵۱۰۰ متر مکعب در هکتار است .

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد (جدول۳) که تیمارهای آبیاری تمامی صفات مورد بررسی و کارایی مصرف آب را تحت تأثیر قرار داد.

نتایج حاصل از تأثیر تنش کم‌آبی بر کارایی مصرف آب در گیاه حنا در جدول ۴ نشان داده شده است. بر اساس جدول ۴ تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر مقدار کارایی مصرف آب در مقایسه با شرایط بدون تنش داشت($p\leq 0.01$). مقدار کارایی مصرف آب در شرایط تنش متوسط (I_2) و تنش شدید (I_3) به‌ترتیب $^{g}/_{m^3}$ ۵۰/۶۷ و $^{g}/_{m^3}$ ۵۸/۵۹ می‌باشد (شکل۱).



شکل۱- تأثیر تنش آبی بر کارایی مصرف آب در گیاه حنا

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس صفات گیاهی و میزان لاوسون

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر بوته Plant D.M (mm)	وزن برگ خشک Dry l.w (g)	وزن بوته خشک (g) D.p.w	تعداد گره NO.Knur
تکرار	۲	۴۳/ ۴۷ns	۰/۰۲۱۶ns	۰/۰۰۰۱۳۵ns	۰/۲۰۵ns	۲/۰۲ns
تیمار خشکی (I)	۲	۲۲۳/۲*	۰/۵۰۱۶*	۰/۰۰۲۸۶*	۶۰/۱۸۵*	۴۰۲/۴۲*
تیمار کودی (F)	۴	۱۰۷۰/۳۱**	۴/۶۲۷*	۰/۰۰۱۶۲*	۷۳/۷۰۷*	۲۳۴/۲*
کود × خشکی	۸	۵۲۶/۶۴*	۰/۲۱۴۶ns	۰/۰۰۰۳۷۷**	۵۰/۳۲۴*	۱۳۰/۲**
خطا	۲۸	۱۸/۴	۰/۰۵۳	۰/۰۰۰۰۸	۰/۵۴۷	۵/۴۳

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول۳- نتایج تجزیه واریانس صفات گیاهی و کارایی مصرف آب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)				
		فاصله میان گره‌ها K.D (cm)	تعداد برگ NO.leaf	تعداد شاخه فرعی NO.sub stem	کارایی مصرف آب W.U.E	درصد کلونیزاسیون
تکرار	۲	۰/۱۲۴**	۰/۵ns	۱/۶۶*	۹/۰۹ns	۱۷/۲ns
تیمار خشکی (I)	۲	۰/۳۰۸*	۱۳۸/۲*	۵/۲۶*	۷۰۰/۰۵**	۱۴۵۰/۵**
تیمار کودی (F)	۴	۰/۰۹**	۳۰۶۳/۳*	۴/۴۶**	۱۳۱۰/۰۴**	۱۸۴۳/۲**
کود × خشکی	۸	۰/۱۴۲*	۵۶۳**	۴/۸۵*	۱۴۶/۵۴**	۳۰۳/۸**
خطا	۲۸	۰/۰۲۱۳	۱۳/۷	۰/۴۵۲	۱۶/۷۲**	۲۱/۶

در تیمارهای کودی، بالاترین مقدار کارایی مصرف آب با مقدار $^{g}/_{m^3}$ ۷۰/۸۱ مربوط به تیمار F_3 (تلقیح میکوریزایی × ورمی‌کمپوست) بود. همچنین تیمار کودی F_2 (اسیدهیومیک بعد از تیمار F_3 با مقدار $^{g}/_{m^3}$ ۵۲/۸۷ در رده بعدی قرار گرفت. اثر متقابل تنش کم‌آبی و نوع کود نیز تأثیر شاخصی در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف آب داشت. بالاترین میزان کارایی مصرف آب در تیمار I_3F_3 (تیمار آبیاری با تنش شدید و با استفاده از تلقیح میکوریزایی × ورمی‌کمپوست) تفاوت معنی‌داری نسبت به بقیه تیمارهای کودی در آبیاری با تنش شدید داشت (جدول۵).

جدول٤- مقایسه میانگین‌های اثرتنش خشکی و انواع کود بر صفات گیاهی و کارایی مصرف آب

Treatments	تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر بوته Plant D.M (mm)	وزن برگ خشک Dry l.w (g)	وزن بوته تر (g) w.p.w	وزن بوته خشک (g) D.p.w	تعداد گره NO.Knur
				تیمار خشکی			
I_1	۱۰۰درصد نیاز آبی	۱۱۶/۴a	۵/۳۸۷a	۰/۱۵۲a	۲۹/۶۵a	۱۵/۱۵a	۴۰/۴۷c
I_2	۸۰ درصد نیاز آبی	۱۰۳/۳۹b	۵/۱b	۰/۱۳۵b	۲۴/۷۶b	۱۰/۹۹b	۵۰/۳۳a
I_3	۶۰ درصد نیاز آبی	۹۴/۴۴c	۵/۰۴b	۰/۱۲۵c	۱۹/۲۹c	۸/۰۱c	۴۲/۶۷b
				تیمار کودی			
(F1)	شاهد	۹۲c	۴/۵۶c	۰/۱۳۲bc	۱۸/۶۵c	۹/۱۵d	۴۰/۷۸cd
(F2)	اسیدهیومیک	۱۰۳/۱۱b	۵/۵۳b	۰/۱۳۶b	۲۶/۸۳b	۱۱/۹۲b	۴۴/۱۱bc
(F3)	میکوریزا × ورمی‌کمپوست	۱۱۸/۴۴a	۶/۰۵a	۰/۱۵۷a	۳۱/۹۵a	۱۶/۰۳a	۵۲/۲۲a
(F4)	ورمی‌کمپوست	۱۱۲/۸۹a	۵/۴۱b	۰/۱۴۱b	۲۴/۴۴b	۱۰/۷۹c	۴۶/۱۱b
(F5)	کود شیمیایی	۹۷/۲۲bc	۴/۳۲c	۰/۱۲۱c	۲۰/۹۷c	۹/۰۳d	۳۹/۲۲d

نتایج آزمایشی نیز بر روی گندم نشان می‌دهد که گیاهان میکوریزایی به ازای تولید هر واحد ماده خشک، آب کم‌تری مصرف نموده و در نتیجه کارآیی مصرف آب بالاتری دارند (Ghazi et al., 1998). این محققین مهم‌ترین علت افزایش کارایی مصرف آب را در گیاهان میکوریزایی این گونه بیان نمودند:

الف) میکوریزا توان گیاه را برای جذب بیشتر رطوبت و عناصر غذایی افزایش داده و پیامد آن بیش‌تر باز ماندن روزنه‌ها و افزایش تولید ماده خشک است.

ب) هدایت هیدرولیکی ریشه در گیاهان میکوریزایی افزایش یافته و آب با راندمان بیش‌تری منتقل می‌شود.

ج) گیاهان میکوریزایی بیوماس ریشه بیش‌تری تولید می‌نمایند.

د) بهبود جذب عناصر غذایی، راندمان انتقال آب و فتوسنتز را در گیاهان میکوریزایی افزایش می‌دهد.

ادامه جدول٤- مقایسه میانگین‌های اثرتنش خشکی و انواع کود بر صفات گیاهی و کارایی مصرف آب

Treatments	تیمارهای آزمایشی	فاصله میان گره ها K.D (cm)	تعداد برگ NO.leaf	تعداد شاخه فرعی NO.sub stem	کارایی مصرف آب W.U.E
			تیمار خشکی		
I_1	۱۰۰درصد نیاز آبی	۲/۸a	۱۳۹/۹a	۵/۸a	۴۴/۹۸c
I_2	۸۰ درصد نیاز آبی	۲/۶۶b	۱۴۲/۱a	۴/۹۳b	۵۰/۶۷b
I_3	۶۰ درصد نیاز آبی	۲/۵۲c	۱۳۶/۱b	۴/۶۶b	۵۸/۵۹a
			تیمار کودی		
(F1)	شاهد	۲/۵۴b	۱۲۵/۲d	۳/۹۹b	۴۳/۰۵c
(F2)	اسیدهیومیک	۲/۶۵ab	۱۴۹/۸b	۵/۶۶a	۵۲/۸۷b
(F3)	میکوریزا × ورمی‌کمپوست	۲/۸۲a	۱۶۶/۷a	۶a	۷۰/۸۱a
(F4)	ورمی‌کمپوست	۲/۶۶ab	۱۳۱/۱c	۵/۵۵ab	۵۰/۴۴b
(F5)	کود شیمیایی	۲/۶۳ab	۱۲۳/۹d	۴/۴۴b	۳۹/۸۹c

در هر ستون و برای هرتیمار، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

میلر 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 می‌یابد (Miller et al., 2000). بلندنظر و همکاران نیز نشان دادند که همزیستی با میکوریزا در پیاز، کارآیی مصرف آب را افزایش داد. نتایج نشان داد که کارآیی مصرف آب در گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزا به صورت زیر متفاوت است: شاهد < G.versiforme>G.intraradices>G.etunicatum (Bolandnazar et al., 2007).

جدول٥- مقایسه میانگین‌های اثرتنش خشکی و انواع کود بر صفات گیاهی و کارایی مصرف آب

	Treatments	تیمارهای آزمایشی	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر بوته Plant D.M (mm)	وزن برگ خشک Dry l.w (g)	وزن بوته تر (g) w.p.w	وزن بوته خشک (g) D.p.w	تعداد گره NO.Knur
	(F1)	شاهد	۱۰۶/۳۳cde	۴/۴۶fg	۰/۱۶۳ab	۲۰/۲۶ef	۱۲/۱۳ cde	۳۴/۶۷vgh
۱۰۰	(F2)	اسید هیومیک	۱۰۸bcde	۵/۸abc	۰/۱۴۳abcd	۳۳/۷۶b	۱۶/۰۱b	۳۹efgh
درصد نیاز	(F3)	میکوریزا×ورمی‌کمپوست	۱۲۷a	۶/۴۳a	۰/۱۶۶a	۴۳/۱۳a	۲۴/۳۹a	۵۱/۶۷bc
آبی	(F4)	ورمی کمپوست	۱۲۴a	۵/۶۶bc	۰/۱۶ab	۲۷/۲۸cd	۱۲/۵۳cd	۳۹efgh
(I_1)	(F5)	کود شیمیایی	۱۱۶/۶۷abcd	۴/۵۶defg	۰/۱۳cdef	۲۳/۸۶cde	۱۰/۷defg	۳۸fgh
	(F1)	شاهد	۸۵f	۴/۷۶def	۰/۱۱ef	۲۱/۰۵e	۹/۳۱fg	۴۳/۶۷defg
۸۰	(F2)	اسیدهیومیک	۱۰۴df	۵/۲cdef	۰/۱۴abcd	۲۴/۷۴cde	۱۱/۰۸cdef	۴۵cdef
درصد نیاز	(F3)	میکوریزا × ورمی‌کمپوست	۱۲۰/۳۳ab	۵/۷۳abc	۰/۱۵۳abc	۲۸/۸۲bc	۱۳/۳۲c	۵۴b
آبی	(F4)	ورمی‌کمپوست	۱۱۸/۳۳abc	۵/۲۶bcde	۰/۱۳۶bcde	۲۵/۴۵cde	۱۱/۳۳cdef	۶۳a
(I_2)	(F5)	کود شیمیایی	۸۹/۳۳f	۴/۵۳efg	۰/۱۲۶cdef	۲۳/۷۳cde	۹/۹۴efg	۴۶cde
	(F1)	شاهد	۸۴/۶۷f	۴/۴۶fg	۰/۱۲def	۱۴/۶۵g	۶/۰۲i	۴۴def
٦۰	(F2)	اسیدهیومیک	۹۷/۳۳ef	۵/۶bc	۰/۱۲def	۲۲de	۸/۶۹gh	۴۸/۳۳bcd
درصد نیاز	(F3)	میکوریزا × ورمی‌کمپوست	۱۰۸bcde	۶ab	۰/۱۵۳cdef	۲۳/۹۱cde	۱۰/۳۹ defg	۵۱bcd
آبی	(F4)	ورمی‌کمپوست	۹۶/۳۳ef	۵/۳bcd	۰/۱۲۶cdef	۲۰/۵۹e	۸/۵۱gh	۳۶/۳۳gh
(I_3)	(F5)	کود شیمیایی	۸۵/۶۷f	۳/۸۶g	۰/۱f	۱۵/۳۲fg	۶/۴۶hi	۳۳/۶۷h

در هر ستون و برای هرتیمار، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

محققین معتقدند که افزایش هدایت روزنه‌ای و باز و بسته شدن روزنه‌ها در گیاهان میکوریزایی رشد ریشه‌ها و جذب آب و مواد غذایی را افزایش داده که منجر به افزایش عملکرد و کارآیی مصرف آب در گیاه می‌شود. تفاوت بین گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزا در افزایش کارآیی مصرف آب به علت تفاوت آن‌ها در تولید میسیلیوم‌های خارجی بوده که امکان دسترسی گیاه به منابع بیشتری از آب ذخیره شده در خاک را فراهم می‌کند (Fitter., 1986). علی‌آبادی و همکاران نیز علت افزایش کارآیی مصرف آب از طریق همزیستی با میکوریزا را در افزایش جذب فسفر دانستند که باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و در نتیجه افزایش کارآیی مصرف آب می‌شود (Aliabadi et al., 2008).

ادامه جدول۵- مقایسه میانگین‌های اثرتنش خشکی و انواع کود بر صفات گیاهی و کارایی مصرف آب

Treatments		تیمارهای آزمایشی	فاصله میان گره ها K.D (cm)	تعداد برگ NO.leaf	تعداد شاخه فرعی NO.sub stem	کارایی مصرف آب W.U.E
۱۰۰ درصد نیاز آبی (I_1)	(F1)	شاهد	۲/۵b	۱۱۱h	۴/۶۶bcd	۳۷/۴۲ef
	(F2)	اسید هیومیک	۲/۶b	۱۶۶a	۵/۳۳ab	۴۸/۹۹cde
	(F3)	میکوریزا × ورمی‌کمپوست	۳/۳۳a	۱۶۰ab	۶ab	۵۵bcd
	(F4)	ورمی‌کمپوست	۲/۸۳b	۱۳۷/۳de	۷a	۵۰/۰۱cde
	(F5)	کود شیمیایی	۲/۷۶b	۱۲۵fg	۶ab	۳۳/۵f
۸۰ درصد نیاز آبی (I_2)	(F1)	شاهد	۲/۵۶b	۱۴۹/۷bc	۴/۳۳bcd	۴۴/۱۸def
	(F2)	اسیدهیومیک	۲/۸۳b	۱۴۶/۷cd	۵/۳۳ab	۵۷/۳۸bc
	(F3)	میکوریزا × ورمی‌کمپوست	۲/۷۳b	۱۷۰a	۵abc	۶۷/۸۶b
	(F4)	ورمی‌کمپوست	۲/۶۶b	۱۲۸/۳ef	۵/۳۳ab	۴۵/۷۵cdef
	(F5)	کود شیمیایی	۲/۵۳b	۱۱۵/۷gh	۴/۶۶bcd	۳۸/۱۹ef
۶۰ درصد نیاز آبی (I_3)	(F1)	شاهد	۲/۵۶b	۱۱۵gh	۳cd	۴۷/۵۴cde
	(F2)	اسیدهیومیک	۲/۵۳b	۱۳۶/۷def	۶/۳۳ab	۵۲/۲۶cd
	(F3)	میکوریزا × ورمی‌کمپوست	۲/۴b	۱۷۰a	۷a	۸۹/۵۸a
	(F4)	ورمی‌کمپوست	۲/۵b	۱۲۷/۷ef	۴/۳۳bcd	۵۵/۵۷bcd
	(F5)	کود شیمیایی	۲/۶b	۱۳۱ef	۲/۶۶d	۴۸cde

در هر ستون و برای هرتیمار، میانگین‌هایی دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

کارآیی مصرف آب درگیاهان همزیست با میکوریزا در مقایسه با گیاهان غیرهمزیست بیش‌تر است (Nagarathna et al., 2007) . نتایج این تحقیق نشان داد که اسید هیومیک نیز تأثیر معنی‌داری بر کارآیی‌مصرف آب دارد ($p\leq0.01$) (جدول۱). کاربرد اسیدهیومیک باعث افزایش کارآیی مصرف آب به مقدار ۱۱/۴۹ درصد نسبت به شاهد شد. مولکول‌های اسیدهیومیک با کانی‌های خاک تشکیل پیوند داده و شبکه‌ای به‌هم پیوسته ایجاد می‌کنند که در مجموع قادرند حجم زیادی آب را در خود ذخیره نمایند .هر چه بافت خاک سبک‌تر باشد این تاثیر بیش‌تر است. این عمل باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب شده و کارآیی مصرف آب را در محصولات بهبود می‌بخشد (Brussard, et al.,1997).

خان و همکاران نشان دادند که تحت تاثیر تلقیح با میکوریزا در یولاف[1] تحت رژیم‌های رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و صد درصد ظرفیت زراعی عملکرد و کارآیی مصرف آب افزایش می‌یابد (Khan et al., 2003). کایا نیز گزارش کرد که تلقیح هندوانه با میکوریزا تحت شرایط مطلوب آبیاری بدون تنش و شرایط تنش آب عملکرد میوه و کارآیی مصرف آب را افزایش می‌دهد (Kaya et al., 2003). میکوریزا در شرایط تنش خشکی 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 (Smith et al., 1997). این نتایج توسط محققان دیگر نیز تایید است(Subramanian et al., 1997).

در بررسی اثر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی بر روی گیاه دارویی سرخارگل (Purple Coneflower) مشاهده شد

1- sativa Avena

که کود ورمی‌کمپوست بر وزن خشک ساقه، گل، ریشه، عملکرد بیولوژیکی کل، تعداد گل در بوته اثر معنی‌داری دارد . استفاده از ورمی‌کمپوست ۴ تن در هکتار بدون کود شیمیایی، بالاترین مقدار وزن خشک ساقه، وزن خشک گل، تعداد گل در بوته و ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (Razavinia et al., 2015).

در تحقیقی که به مطالعه و بررسی تأثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در مناطق نیمه‌مرطوب انجام شد مشاهده شد که پنجه‌زنی، تعداد دانه در خوشه و ارتفاع برنج به طور قابل‌توجهی تحت تأثیر کلونیزاسیون ریشه که در نتیجه قارچ میکوریزا ایجاد می‌شود قرار گرفت (Abdolahi et al., 2015).

بر اساس نتایج حاصل از تأثیر تنش کم‌آبی بر صفات کمی گیاه حنا در جدول ۴ می‌توان نتیجه گرفت که تنش کم‌آبی تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات گیاه حنا داشت. در تیمارهای آبیاری، بالاترین ارتفاع بوته با مقدار ۱۱۶/۴ سانتی‌متر، بالاترین تعداد برگ با مقدار ۱۴۰ عدد، بالاترین قطر بوته با مقدار ۵/۳۸ میلی‌متر، بالاترین وزن خشک برگ با مقدار ۰/۱۵۲ گرم، بالاترین تعداد شاخه فرعی با مقدار ۶ عدد مربوط به تیمار آبیاری با ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (I_1). همچنین بالاترین تعداد گره مربوط به تیمار آبیاری با ۸۰ درصد نیاز آبی گیاه بود (I_2). علت افزایش تعداد گره‌ها در تنش آبی متوسط کاهش فاصله میان گره‌ها به‌خصوص در جوانه‌های انتهایی است. در تنش متوسط رشد طولی گیاه حنا به‌صورت جوانه‌های انتهایی ضعیف با برگ‌های کوچک و گره‌های زیاد با فواصل کم ادامه دارد. در تنش شدید رشد طولی گیاه حنا بسیارکم شد و در نتیجه تعداد گره‌ها کاهش یافت.

در تیمارهای کودی، بالاترین ارتفاع بوته با مقدار ۱۱۸/۴۴ سانتی‌متر، بالاترین قطر بوته با مقدار ۶/۰۵ میلی‌متر، بالاترین وزن خشک برگ با مقدار ۰/۱۵۷ گرم، بالاترین تعداد گره با مقدار ۵۲ و بالاترین تعداد شاخه فرعی با مقدار ۶ مربوط به تیمار کودی F_3 (تلقیح میکوریزایی × ورمی‌کمپوست) بود. قارچ میکوریزا با افزایش هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه و جذب املاح معدنی باعث عملکرد خوب گیاه حنا در شرایط تنش کم‌آبی شده است.

بر اساس تحقیق تروزا، هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه‌ای در گیاهان میکوریزی شده بیش‌تر از گیاهان غیرمیکوریزی است که این امر در اثر افزایش سطح ریشه و یا طول ریشه‌های میکوریزی می‌باشد. همچنین هدایت آبی در واحد طول ریشه در گیاهان میزبان قارچ‌های میکوریزی دو تا سه برابر بیش‌تر است (Troehza et al., 2003). قارچ میکوریزا رشد گیاه و جذب مواد معدنی را افزایش می‌دهد بلکه ممکن است در شرایط خشکی مقاومت بالایی را نیز در گیاه ایجاد کند (Amerian et al., 2001). قارچ‌ها می‌توانند بر تعادل آبی گیاه در هر شرایط تنش و دوره بدون تنش اثر گذار است(Aliabadi et al., 2008). و حتی تاثیر آن‌ها در شرایط تنش افزایش یافت (Abo-Ghalia et al., 2008).

به علت تأثیر قارچ میکوریزا بر مقدار ماده خشک اندام‌های هوایی وزن بوته خشک در شرایط تنش آبی حداکثر (۶۰ درصد نیاز آبی) در تیمار تیمار کودی F_3 نسبت به شاهد ۷۳ درصد افزایش یافت (جدول۵). خرمدل و همکاران گزارش کردند که میزان تجمع ماده خشک در گیاه شاهدانه (Marijuana) همزیست با قارچ‌های میکوریزا گونه Intraradices.G با دوره رشدی۱۰۰ روزه، با گذشت زمان افزایش یافت و در ۸۹ روز پس از سبز شدن به حداکثر مقدار خود (۲۴/۷۱ % افزایش نسبت به شاهد) رسید (Khoramdel et al.,2008). افزایش میزان تجمع ماده خشک در گیاه گشنیز همزیست با قارچ میکوریزا نیز توسط Hoi Glomus گزارش شد. در این تحقیق در همه مراحل رشد به ماده خشک افزوده شد. به طوری‌که گیاه با دریافت ۱۰۷۰ درجه روز رشد به حداکثر مقدار ماده خشک به مقدار ۶/۵۸ گرم در مترمربع رسید. (Valadabadi et al., 2008).

تعداد برگ در تیمار کودی F_3 در شرایط تنش کم‌آبی شدید(I_3) با مقدار ۱۷۰ عدد و افزایش ۲۴ درصدی نسبت به شاهد بود. بنابراین به علت همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه، گیاه حنا توانسته است در شرایط تنش کم‌آبی از عملکرد خوبی برخوردار باشد.

بعد از قارچ میکوریزا، اسیدهیومیک از عملکرد خوبی در شرایط تنش کم‌آبی برخوردار بود بطوری‌که بیش‌ترین مقدار شاخص‌های کمی گیاه حنا بعد از تیمار کودی F_3 (تلقیح میکوریزایی × ورمی‌کمپوست) مربوط به این تیمار کودی است (جدول۵).

نتایج بررسی اثرات مقادیر مختلف اسیدهیومیک بر روی گوجه‌فرنگی نشان داد که کاربرد ۱/۵ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک تأثیر بسزایی بر شاخص بیوماس، شاخص بریکس و وزن میوه داشت (Kamari et al.,2013, Salehi et al.,2013).

در آزمایشی تأثیر اسیدهیومیک بر روی جذب روی و ضریب جذب روی در خاک انجام شد، اسیدهیومیک ضریب جذب لانگمویر[1] را تا ۲۱ درصد و ضریب جذب فروندلیچ[2] را تا ۹۵ درصد افزایش داد (Piri et al.,2015).

از ترکیباتی که در اصلاح ساختار خاک نقش مهمی دارد اسیدهیومیک است که از تجزیه مواد آلی در خاک حاصل می‌شود. به‌طور کلی، هیومیک‌ها پیش از این‌که کود باشند، اصلاح کننده خاک هستند. پلیمرهای اسیدهیومیک شبیه یک چسب آلی عمل می‌کنند و ذرات مواد معدنی خاک را به هم چسبانده و ضمن ایجاد گرانول‌های درشت‌تر، فضای مناسب برای موجودات میکروسکوپی و ماکروسکوپی، نفوذ بیشتر هوا، آب و ریشه فراهم می‌کند. در نتیجه این پلیمرها یک عامل کلیدی در اصلاح ساختار خاک‌ها

1- Langmuir
2- Langmuir

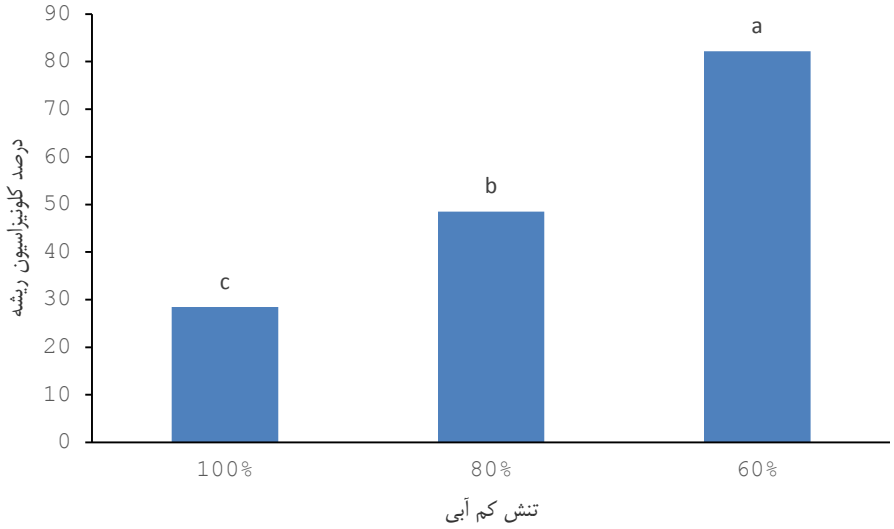
هستند (Singer et al., 1998). اسیدهیومیک با تولید بیش‌تر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه، تکثیر سلولی را در کل گیاه و به ویژه در ریشه‌ها افزایش می‌دهد (Dursun et al., 2002). اسیدهیومیک با اصلاح فیزیکی و بهبود دانه‌بندی خاک فضای بیش-تری برای نفوذ آب ایجاد می‌کند. پیوند مولکول‌های اسیدهیومیک با مولکول‌های آب، تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب می‌گردند. مولکول‌های فولویک‌اسید (بخش ریز مولکول از اسیدهیومیک) که به درون بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کنند با پیوند شدن به مولکول‌های آب تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده به حفظ آب در درون گیاه کمک می‌کند (Bronick et al., 2005). اسیدهیومیک با بهبود تولید قند، پروتئین و ویتامین در گیاه و نیز تاثیر مثبتی که بر جنبه‌های مختلف فتوسنتز دارد در افزایش عملکرد و کیفیت محصول نقش دارد (Sharif et al., 2002). این نتایج در مورد ذرت (Albuzio et al., 2003) و گوجه‌فرنگی (Adani et al., 2005) تایید شده است.

وزن خشک برگ و تعداد برگ حنا دو صفت اصلی در عملکرد گیاه حنا می‌باشند. اسیدهیومیک در شرایط تنش حداکثر (I_3) با افزایش ۱۹ درصدی تعداد برگ در بوته نسبت به شاهد بعد از تیمار کودی F_3 از عملکرد بهتری برخوردار است. بنابراین با توجه به پژوهش‌های ذکر شده اسیدهیومیک بعد از قارچ میکوریزا توانسته است تأثیر شاخصی در کیفیت گیاه حنا و کارایی مصرف آب در گرمای بالای ۴۵ درجه منطقه مورد مطالعه داشت.

درصد کلونیزاسیون ریشه

علت افزایش کارآیی مصرف آب از طریق همزیستی با میکوریزا را در افزایش جذب فسفر دانستند که باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و در نتیجه افزایش کارآیی مصرف آب شد (Aliabadi et al., 2008). کارآیی مصرف آب درگیاهان همزیست با میکوریزا در مقایسه با گیاهان غیرهمزیست بیش‌تر است (Nagarathna et al., 2007).

نتایج حاصل از تأثیر تنش کم‌آبی بر میزان کلونیزاسیون ریشه در گیاه دارویی حنا نشان داد که درصد کلونیزاسیون ریشه در شرایط تنش متوسط (I_2) و تنش شدید (I_3) به ترتیب برابر با ۴۸/۵۲ و ۸۲/۲ درصد است (شکل۲)



شکل ۲- تأثیر سطوح تنش کم‌آبی بر درصد کلونیزاسیون ریشه

در تحقیقی با بررسی تاثیر دو گونه Mosseae.G و Intraradices.G بر روی رشد ذرت تحت شرایط استرس خشکی به این نتیجه رسیدند که گونه Mosseae. G بیشترین درصد کلونیزاسیون را (۹۳/۵ درصد) و گونه Intraradices.G کم‌ترین میزان کلونیزاسیون (۷۸/۳ درصد) را دارد (Amerian et al., 2001). نتایج تحقیقی بر روی گیاه اسطوخودوس میکوریزایی شده نشان می‌دهد که گونه‌های بومی مقاوم به کلونیزاسیون Mosseae.G و Intraradices.G خشکی ریشه را به ترتیب ۳۵ درصد و ۱۰۰ درصد افزایش دادند (Marulanda et al., 2007).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بدست آمده در این آزمایش می‌توان بیان کرد هر

چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد گیاه حنا کاسته می‌شود اما با مصرف کود، به ویژه کودهای بیولوژیک هم‌چون قارچ میکوریزا و ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک که نوعی اسید آلی می‌باشد (در بالاترین سطح تنش)، می‌توان تا حد مطلوبی از بروز اثرات سو تنش خشکی بر عملکرد این گیاه کاست.

نظر به این‌که اکثر تحقیقات انجام یافته در زمینه اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر رشد و جذب عناصر غذایی در گیاهان زراعی و باغی در شرایط کنترل شده گلخانه و یا اتاق رشد و به‌خصوص در بسترهای استریل انجام یافته است بنابراین، نتایج حاصل از تحقیقات گلخانه به راحتی قابل تعمیم به شرایط مزرعه‌ای نبوده و باید تحقیقات گسترده‌ای برای شناسایی گونه‌های کارا که در شرایط خاک‌های خشک و نیمه‌خشک کشور بیش‌ترین سازگاری را برای تولید انبوه به صورت کودهای زیستی داشته باشند در شرایط مزرعه صورت گیرد. بطور کلی این قارچ‌ها از طریق افزایش جذب عناصر غذایی با قابلیت تحرک کم در خاک مثل فسفر، روی و مس، افزایش نسبی جذب آب که باعث رقیق شدن اثرات یون‌های سمی می‌شود، افزایش غلظت قندهای محلول در ریشه که منجر به کاهش پتانسیل اسمزی ریشه می‌شود و ایجاد تعادل عناصر غذایی گیاه در شرایط شوری موجب مقاومت گیاهان زراعی در برابر تنش‌های محیطی می‌گردد.

بنابراین به نظر می‌رسد در منطقه مورد نظر که اقلیمی خشک دارد و دارای محدودیت منابع آبی است، استفاده از مقادیر مناسب کودهای زیستی و به کار گرفتن این نوع همزیستی‌ها به منظور افزایش توانایی گیاه در جذب موثرتر آب و مواد معدنی و کاهش مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی به منظور جلوگیری از شوری خاک و رسیدن به کشاورزی پایدار، روش مناسبی برای افزایش عملکرد گیاه حنا با کارایی مصرف آب بالا باشد.

منابع

آستارایی،ع و کوچکی،ع. ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

فرزانه،س و عزیزی،ش. ۱۳۹۴. تأثیر تنش کم آبی بر میزان کمیت و کیفیت چغندر قند در مشهد، اولین کنفرانس بین المللی منابع طبیعی و کشاورزی پایدار، ۲۵ بهمن.

حمیدپور،م.، فتحی،س و روستا،ح. ۱۳۹۱. اثر زئولیت و ورمی‌کمپوست بر ویژگی‌های رشدی و غلظت برخی عناصر حنا، مجله علوم و فنون کشت گلخانه‌ای. ۴. ۱۳: ۵۶-۶۸.

خرم دل، ص.، کوچکی، ع. و قربانی،ر. ۱۳۸۷. تأثیر کودهای زیستی بر شاخص های رشد گیاه دارویی سیاهدانه، مجله تحقیقات کشاورزی، ۲،۶. ۲۸۵-۲۹۴.

صالح راستین،ن.۱۳۷۷. کودهای بیولوژیک. مجله خاک و آب. ۱۲. ۳: ۱- ۳۶.

عسکری،ع.۱. ۱۳۹۳. اثر ورمی‌کمپوست بقایای درخت خرما و کود حیوانی گاوی بر رشد حنا. دومین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار. ایران، همدان.

علیزاده،ا. ۱۳۸۶. اثرات میکوریزا در شرایط متفاوت رطوبت خاک بر جذب عناصر غذایی در ذرت. مجله علمی – پژوهشی، پژوهش در علوم کشاورزی. ۳. ۱: ۱۰۱-۱۰۸.

کرمپور،ف.و کازرانی،ن. ۱۳۹۴. بررسی تولید، بازاریابی و زمینه‌های صدور حنا، مرکز تحقیقات کشاورزی هرمزگان، ص.پ: ۷۹۱۴۵-۱۵۷۷

Abdolahi,A and Zarea,M.J. 2015. Effect of mycorrhiza and root endophytic fungi under flooded and semi-flooded conditions on grain yield and yield components of rice. Electronic journal of crop production. 8.1:223-230.

Abo-Ghalia,H.H., Khalafallah,A.A. 2008. Responses of wheat plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi to shortterm water stress followed by recovery at three growth stages. Journal of Applied Sciences Research. 4.5: 570-580

Adani,F., Genevi,P., Zocchi,G. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition . Journal of Plant Nutrition. 21: 561-575.

Adani,F., Genevi,P., Zocchi,G. 2005. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutrition . Journal of Plant Nutrition. 21: 561-575

Albuzio,A., Concheri,G., Nardi,S., Dellagnola,G. 2003. Effect of humic fractions of different molecular size on the development of oat seedling grown in varied nutritional condition. In: Senesi, N, T, M, Mianom (eds).Humic substances in the global environment and implications on human health. Elsevier Science. Amsterdam.12:199-204.

Baille,A. 2000. Principle and methods for predicting crop water requirement in greenhouse environments. CIHEAM options mediterraneennes. 31.1: 177-187.

Bethlenfalvay,G.J., Brown,M.S., Ames,R.N., Thomas,R.S. 1988. Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans in relation to water use and phosphate uptake. Physiologiae Plantarum. 72: 565-571.

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

Bronick,E.J., Lai,R. 2005. Soil structure and management : A review. Geoderma. 124: 3-22.

Brussard, L., & Ferrera-Cenato, R. 1997. Soil ecology in sustainable agricultural systems. New York: Lewis Publishers, U.S.A, P. 168.

Cabello,M., Irrazabal,G., Bucsinszky,A.M., Saparrat,M and Schalamuk,S. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus, Glomus mosseae, and a rock-phosphate-solubilizing fungus, Penicillium thomii, on Mentha piperita growth in a soilless medium. J . Basic Microbiol. 45: 182-189.

Chen,B.D., Zhu and,Y.G., Smith,F.A. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on uranium and arsenic accumulation by Chinese brake fern (Pteris vittata L.) from a uranium mining-impacted soil. Chemosphere. 62: 1464-73.

Copetta,A., Lingua,G and Berta,G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs and essential oil production in Ocimum basilicum L. var. Genovese. Mycorrhiza. 16: 485-494.

Dursun,A., Guvenc,I., Turan,M. 2002. Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. Acta Agrobotanica, 56, 81-88. Fitter, A. H. (1986). Effect of benomyl on leaf phosphorus concentration in alpine grasslads: A test of mycorrhizal benefit. New Phytologist. 103: 767-776.

Ghazi,N., Karaki,A.L. 1998. Benefit - cost and water use efficiency of arbuscular mycorrhizal durum wheat grown under drought stress. Mycorrhizae. 8: 41-45.

Hazarika,D.K., Taluk Dar,N.C., Phookan,A,K., Aliabadi Farahani,H., Lebaschi,H., Hussein,M., Shiranirad,A., Valadabadi,A., Daneshian,J. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency relative water content and praline accumulation rate of coriander (Coriandrum Sativum L.). Journal of Medicinal Plants Research. 2.6: 125-131.

Aliabadi Farahani,H., Lebaschi,H., Hussein,M., Shiranirad,A., Valadabadi,A., Daneshian,J. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi different levels of phosphorus and drought stress on water use efficiency relative water content and praline accumulation rate of coriander (Coriandrum Sativum L.). Journal of Medicinal Plants Research. 2.6: 125-131.

Amerian,M.R., Stewart,W.S., Griffiths,H. 2001. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth assimilation and leaf water relation in maize. Aspect of Applied Biology.63: 73-76.

Amirpour,R. Moosavi,S.F. 1995.The effect of irrigation times on cumin yield and its components. Agricultural Science and Natural Resources, 1, 1-7.

Annamalai,A., Lakshmi,P.T., Lalithakumari,D and. Murugesan,k. 2004. Optimization of biofertilizers on growth, biomass and seed yield of Phyllanthus amarus (Bhumyamalaki) in sandy loam soil. Journal of Medicinal and Aromatic Plants Sci. 26: 21-28.

Anwar,M., Patra,D., Chand,S., Alpesh,K., Naqvi,A.A and Khanuja,S.P. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Sci. and Plant Analysis. 36: 1737-1746.

Arancon,N., Edwards,C.A., Bierman,P., Welch,C and Metzger,J.D .2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technol. 93: 145-153.

Auge,R.M. 2001. Water relations, drought and VA mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza. 11: 3-42.

Azcón-Aguilar,J and Barea,M. 2002. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. Scientia Horticulturae. 68 (1-4): 1-24. 10. Baker, D. E., M. C. Amachar. 1982. Nickel, copper, zinc and cadmium. In: Page A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R., editors. Methods of soil analysis, part 2. Madison: American Society of Agronomy. 323-338.

3.2: 221-229.

Omidbaigi, R. 2007. Production and processing of medicinal plants. Behnashr pub. 340pp.

Pandey,R. 2005. Mangement of Meloidogyne incognita in Artemisia pallens with bio-organics. Phytoparasitica. 33: 304-308.

Philips,J.M and.Hayman,D.S. 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans. Brit. Mycol. 55: 158-161.

Piri,M and Sepehr,E. 2015. Efect of humic acid on sorption and desorption of zinc. Water and soil science (Journal of science and technology of agriculture and natural resources). 19.72:127-136.

Razavinia,M., Aghaalikhani,M and naghdi,H. 2015. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on quantitative and qualitative properties of echinaceae pursuerea. Iranian journal of medicinal and aromatic plants. 31.2:357 - 373.

Salehi,B., Bagherzadeh,A and Ghasemi,M. 2011. Impact of humic acid on growth properties and yield components of three tomato varieties. Agroecology. 2.4:156-123.

Sharif,M., Khattak,R.A., Sarir,M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic cool derived humic acid on growth of maize plants.Communications in Soil Science and Plant Analysis. 33: 3567-3580.

Sharma,A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India. 407 pp.

Singer,M.J., Bissonnais,L.Y. 1998. Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a Mediterranean climate. Geomorphology. 24:79-85.

Smith,S.E., Read,D.J. 1997. Mycorrhizal symbiosis , 2nd ed. Academic press, New York.

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.

Subramanian,K.S., Charest,C. 1998. Arbuscular mycorrhizae and nitrogen assimilation in maize after drought and recovery. Physiologia Plantarum. 102: 285-296.

Saikia,U.N., Das,B.C and Deka,P.C. 2000. Influence of vesicular arbascular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizng bacteria on nursery establishment and growth of tea seedlings in Assam. Symposium No. 12, Assam Agricultural University, Jorhat-Assam, India.

Joshee,N., Mentreddy,S.R and Yadav,K. 2007. Mycorhizal fungi and growth and development of micropropagated Scutellaria integrifolia plants . Industrial Crops and Products. 25:169-177.

Kamari shahmaleki,s., Peyvast,G.Hand Ghasemnezhad,M. 2013.Effect of humic acid on growth and yield of tomato cv. Isabela. Journal of horticulture science (agricultural sciences and technology).26.4:358-363.

Kaya,C., Higges,D., Kirnak,H., Tas,I. 2003. Mycorrhizal colonization improves fruit yield and water use efficiency in water melon (Citrullus lanatus thumb) grown under well watered and water stressed conditions. Plant and Soil. 253: 287-292.

Khan,I.A ., Ahmad,S., Mirza,S. 2003. Yield and water use efficiency of Avena Sativa as influenced by vesicular arbuscular mycorrhizae(VAM). Asian Journal of Plant Sciences. 2.4: 371-373.

Li-Lin, X., George,E and Marschner,H. 1997. Extention of the phosphorus depletion zone in VAM mycorrhizal white clover in a calcareous soil. Plant and Soil. 136: 41-48.

Marulanda,A., Porcel,R., Barea,J.M., Azcon,R. 2007. Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought tolerant or drought-sensitive Glomus Species. Microbial Ecology. 54: 543-552.

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

Mosse,B., Powell,C.L and Hayman,D.S. 1981. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. IX. Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. New Phytology. 76: 331-342.

Nagarathna,T.K., Prasad,T.G., Bagyaraj,D.J., Shadakshar,Y.G.I. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus levels on growth and water use efficiency in sunflower at different soil moisture stress. Journal of Agricultural Technology.

Tavoosi,M. 2000. Effect of different irrigation regims on cumin yield components. Msc thesis in irrigation . Ferdowsi University of Mashhad. PP:95

Thomas,R.S., Dakessian,S., Ames,R.N., Brown,M.S., Bethlenfalvay,G.J. 1986. Aggregation of a silty clay loam by mycorrhizal onion roots. Soil Science Socity of America Journal. 50: 1494-1499.

Troehza loynachan,T.E. 2003. Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn,soybean and fallow. Agronomy Journal. 95.1: 224-230.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 2, Vol. 12, Jan.-Jul. 2018, p. 260-274

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۲، جلد ۱۲، خرداد - تیر ۱۳۹۷، ص. ۲۷۴-۲۶۰

Effect of Biofertilizer and Chemical Fertilizer Application on Water use Efficiency and Physiological Growth Indices of Henna as Medicinal Plant under Water Deficit Condition

A.Vahidi[1], A.Alizadeh[2*], A.Baghizadeh[3] and H.Ansari[4]

Recived: Jul.28, 2017 Accepted: Agu.28, 2017

Abstract

The effect of biofertilizer and chemical fertilizer on water use efficiency and physiological growth indices of henna as medicinal plant was studied at three water regimes in 2014-2015 grows. The research was carried out in an greenhouse experiment using a factorial based randomized complete bloch design with three replications. The factors were fertilizers (without any fertilizer (F_1), humic acid(F_2), application of mycorrhizae and vermicompost (F_3), vermicompost (F_4) and chemical fertilizer (F_5) and water deficit condition (100% W.R, 80% W.R and 60% W.R). Results showed that the application of arbuscular mycorrhizae, humic acid and normal condition (no water deficit), increased Plant height, Stem diameter, Leaf dry weight, Leaf fresh weight, No.khur, Plant dry weight and No.sub stem.The above mentioned characteristics were decreased under water deficit condition, non application of mycorrhizae and non application of humic acid. Application of mycorrhizae and humic acid significantly increased water use efficiency. The intraction effects of water deficit and mycorrhizae, was statisticaly significant. The highest water use efficiency ($89.5^{g}/_{m^3}$) ocuured under water deficit condition (60%W.R) and application mycorrhizae and vermicompost. The lowest amount of water use efficiency ($37.42^{g}/_{m^3}$) observed without any fertilizer under normal condition (no water deficit).

Keywords: Biological yield, Clonization, Henna, Humic acid, Mycorrhiza, Vermicompost

1- ph.D., student,Department of water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
2 - Professor of Department of water engineering, Ferdowsi University of Mashhad
3 - Associate Professor, Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman
4 - Professor of Department of water engineering. Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author: alizadeh@gmail.com)