

اثر تنش خشکی و کودهای مختلف بر زیست توده و کارایی مصرف آب و بیوماس اسفرزه

کیمیا قاسمی و سیف‌اله فلاح¹

دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه شهرکرد؛ kimya.gh@gmail.com

دانشیار دانشگاه شهرکرد؛ falah1357@yahoo.com

دریافت: 91/12/7 و پذیرش: 93/5/21

چکیده

در شرایط خشک و نیمه خشک، کمبود آب ممکن است استفاده از نیتروژن توسط گیاه را محدود نماید و موجب کاهش تولید محصول و کارایی مصرف آب گردد. بنابراین، به منظور بررسی اثر تنش خشکی و کودهای مختلف بر جنبه‌های مختلف کارایی مصرف آب و بیوماس اسفرزه، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 4 تکرار تحت شرایط اکوسیستم آزمایشی (Microcosm) اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح بدون تنش و توأم با تنش به عنوان فاکتور اول، دو سطح میکوریزا (تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* و عدم تلقیح) به عنوان فاکتور دوم و سه نوع کود (کاربرد جداگانه ازتوباکتر *Azotobacter chroococcum*، کاربرد 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره و کاربرد تلفیقی ازتوباکتر بعلاوه 20 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره) به عنوان فاکتور سوم بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش بیوماس ریشه و اندام‌های هوایی به ترتیب به میزان 31 و 28 درصد گردید ولی همزیستی میکوریزایی موجب افزایش بیوماس ریشه و اندام‌های هوایی به میزان 65 و 24/7 درصد گردید. کارایی مصرف آب در تولید بیوماس اندام‌های هوایی و بیوماس کل گیاه در شرایط تنش خشکی توأم با میکوریزا و کاربرد 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره افزایش یافت ولی کارایی مصرف آب در تولید دانه و موسیلاژ تنها تحت تأثیر تنش خشکی و همزیستی میکوریزایی قرار گرفت. به‌طور کلی نتایج نشان داد که کارایی مصرف آب در تولید دانه فقط با تلقیح میکوریزایی توأم با تنش خشکی افزایش می‌یابد ولی کارایی مصرف آب در تولید موسیلاژ نه تنها با تنش خشکی افزایش می‌یابد بلکه در شرایط تنش خشکی توأم با تلقیح میکوریزایی با شدت بیشتری افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: ازتوباکتر، میکوریزا، قارچ *Glomus intraradices*، کود نیتروژن

¹ نویسنده مسئول، آدرس: شهرکرد، دانشگاه شهرکرد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت

مقدمه

اساساً تولید گیاهان تحت تأثیر تنش‌های غیر زیستی قرار می‌گیرد. خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زنده می‌باشد که هر ساله خسارت‌های فراوانی به محصولات زراعی و باغی در جهان و به ویژه ایران که به عنوان کشوری خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد، وارد می‌نماید (کافی و همکاران، 2007). از این رو، بررسی این پدیده بر گیاهان از جمله گیاهان دارویی حائز اهمیت می‌باشد.

تنش خشکی عملکرد گیاهان دارویی را با سه مکانیسم کاهش می‌دهد (ارل و داویس، 2003): اول، میزان تابش فعال فتوسنتزی جذب شده کل کانوبی ممکن است از طریق گسترش سطح برگ ایجاد شده به واسطه پژمردگی موقت برگ‌ها یا جمع‌شدگی آن‌ها در دوره‌های خشکی شدید و یا پیری زودرس برگ کاهش یابد. دوم، تنش خشکی کارایی استفاده از تشعشع فعال فتوسنتزی را برای تولید ماده خشک جدید کاهش می‌دهد که تحت عنوان کاهش مقدار تجمع ماده خشک به ازای هر واحد تشعشع فعال فتوسنتزی شناخته می‌شود. سوم، تنش خشکی ممکن است عملکرد دانه گیاهان دارویی را با کاهش شاخص برداشت محدود کند. اگر یک دوره کوتاه خشکی همزمان با مراحل مهم نموی در محدوده زمان گلدهی اتفاق بیفتد، کاهش شاخص برداشت حتی بدون کاهش شدید ماده خشک گیاهان دارویی اتفاق می‌افتد.

اسفزه با نام علمی *Plantago ovata* Forsk گیاهی است علفی و یک‌ساله و متعلق به تیره بارهنگ بوده و به دلیل بکارگیری بذر و پوسته آن برای تولید ترکیب‌های مختلف شیمیایی در داروسازی از گیاهان ارزشمند جهان محسوب می‌گردد (بور، 2002). دانه آن حاوی 10 تا 30 درصد موسیلاژ است و بخاطر داشتن لعاب اثر ملینی دارد که برای التیام زخم‌ها و آبسه‌ها و رفع تورم چشم استفاده می‌شود (امیدیگی، 2009). اگرچه اسفزه در نقاط مختلف کشور به طور خودرو می‌روید، ولی توجه به کشت و کار آن به صورت اقتصادی در ایران سابقه چندانی ندارد. تولید این محصول جزء 15 گونه اول دارویی قرار گرفته و پرداختن به زراعت آن مزیت اقتصادی دارد (نقدی بادی و همکاران، 2003).

آب و عناصر غذایی مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی کشور می‌باشد. از اینرو، استفاده کارآمد از این عوامل در سیستم‌های زراعی از جمله گیاه دارویی اسفزه اهمیت بسیار زیادی دارد. در این راستا، محققان نشان داده‌اند گیاه اسفزه با 8 نوبت آبیاری بالاترین عملکرد بذر و کاه و کلش را داشته است

(پاتل و همکاران، 1996) و در شرایط تنش آبی، مقدار تجمع پرولین در اسفزه افزایش می‌یابد که این امر حاکی از مقاومت گیاه به خشکی می‌باشد (پاتل و ورا، 1985). کارایی مصرف آب اسفزه با افزایش تنش خشکی به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (رحیمی و همکاران، 2011). اشرف و همکاران (2006) نیز نشان دادند که بیشترین بیوماس اندام هوایی و ریشه در تیمار 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد. مندل و همکاران (2008) نیز کاربرد 60 کیلوگرم در هکتار نیتروژن را برای تولید بیشترین میزان عملکرد دانه کافی دانستند.

نتایج اغلب آزمایش‌ها حاکی است که قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا قادرند روابط آبی گیاه میزبان را تغییر دهند (سونگ، 2005). مکانیسمی که قارچ وزیکولار آربوسکولار میکوریزا به کمک آن می‌تواند مقاومت گیاه میزبان را در برابر تنش خشکی افزایش دهد، ممکن است شامل این موارد باشد. میکوریزای وزیکولار آربوسکولار ویژگی‌های خاک را در منطقه ریزوسفر بهبود می‌بخشد، هم‌چنین سطح ریشه گیاه میزبان را افزایش می‌دهد و کارایی جذب آب بهبود می‌یابد (سونگ، 2005). گیاهان تلقیح شده با میکوریزا همواره کارایی مصرف آب بالاتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده نشان می‌دهند، زیرا قارچ میکوریزا از طریق تولید هیف، سطح جذب رطوبت را برای گیاه افزایش می‌دهد (میرزاخانی و همکاران، 2009). اگرچه تنش خشکی و کوددهی بر رشد و تفرق

گیاه مؤثرند ولی قاسمی سیانی و همکاران (2011) با مطالعه عملکرد و کیفیت بذر اسفزه تحت تیمارهای مختلف نیتروژن و دور آبیاری گزارش نمودند اثر متقابل کود نیتروژن و دور آبیاری بر عملکرد بذر و کیفیت آن معنی‌دار نبود. از آنجا که همزیستی میکوریزایی ممکن است بر کارایی مصرف آب گیاه اسفزه تحت شرایط تنش خشکی و کوددهی مؤثر باشد و از طرفی، تاکنون هیچ مطالعه‌ای در خصوص ارزیابی کارایی مصرف آب از لحاظ عملکرد کمی و کیفی در گیاهان دارویی از جمله اسفزه انجام نشده است، این آزمایش با هدف بررسی اثر تنش خشکی و منابع مختلف کودی بر جنبه‌های مختلف کارایی مصرف آب و بیوماس اسفزه در شرایط اکوسیستم آزمایشی انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و منابع مختلف کودی بر جنبه‌های مختلف کارایی مصرف آب اسفزه آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی با 4 تکرار تحت شرایط اکوسیستم آزمایشی در مزرعه تحقیقات کشاورزی دانشگاه شهرکرد در سال

سانتی‌متری خاک کاشته شد. سپس طی دو مرحله تنک به ترتیب هفته دوم و چهارم بعد از کاشت، تعداد بوته در هر گلدان به 5 بوته تقلیل پیدا کرد. در زمان رسیدگی، پس از برداشت بخش‌های هوایی و جدا کردن ریشه گیاه از خاک میزان بیوماس اندام‌های هوایی و بیوماس ریشه تعیین شد. برای محاسبه جنبه‌های مختلف کارایی مصرف آب نیز از روابط زیر استفاده شد (تورنر، 1987):

$$(1) \quad \text{بیوماس اندام‌های هوایی} = \frac{\text{کارایی مصرف آب در آب مصرفی}}{\text{تولید بیوماس اندام‌های هوایی}} \quad (\text{g kg}^{-1})$$

$$(2) \quad \text{بیوماس ریشه و اندام‌های} = \frac{\text{کارایی مصرف آب در تولید آب مصرفی}}{\text{بیوماس کل گیاه}} \quad (\text{g kg}^{-1})$$

$$(3) \quad \text{تولید دانه} = \frac{\text{کارایی مصرف آب در تولید دانه}}{\text{آب مصرفی}} \quad (\text{g kg}^{-1})$$

$$(4) \quad \text{تولید موسیلاژ} = \frac{\text{کارایی مصرف آب در تولید آب مصرفی}}{\text{موسیلاژ}} \quad (\text{g kg}^{-1})$$

تجزیه واریانس داده‌ها به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 4 تکرار با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد انجام گرفت.

نتایج

بیوماس

اثر تنش خشکی بر بیوماس ریشه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بود (جدول 1). مقایسه میانگین نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش 31/4 درصدی بیوماس ریشه گردید (شکل 1). اثر متقابل تنش خشکی با دیگر عوامل آزمایش معنی‌دار نبود، با این حال، اثر هم‌زیستی میکوریزایی با کوددهی بر بیوماس ریشه در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار شد (جدول 1). بیشترین بیوماس ریشه (46/3 گرم در گلدان) در تیمار M+N40 به دست آمد که نسبت به عدم وجود هم‌زیستی و کاربرد مقدار مشابه کود اوره 65/4 درصد افزایش نشان داد (شکل 2).

هم‌زیستی و کاربرد مقدار مشابه کود اوره 65/4 درصد افزایش نشان داد (شکل 2).

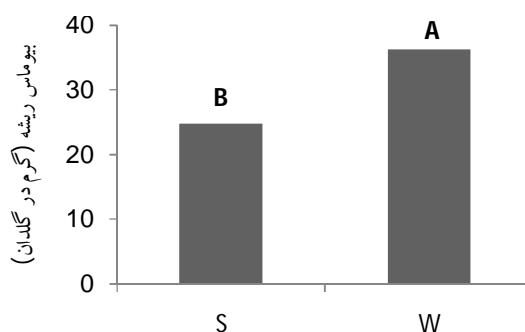
1391 به اجرا درآمد. خاک مورد استفاده دارای بافت لوم رسی، قابلیت هدایت الکتریکی 0/64 دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته 8/1 بود. میزان نیتروژن آن 0/95 گرم بر کیلوگرم و فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب آن به ترتیب 6/3 و 318 میلی‌گرم در کیلوگرم بود. در هر گلدان پلاستیکی (با ابعاد 30 × 30 سانتی‌متر) میزان 8 کیلوگرم خاک و مقداری ماسه بادی ریخته شد. سپس این گلدان‌ها تا لبه در خاک قرار داده و به منظور ایجاد شرایط اکوسیستم آزمایشی در اطراف گلدان‌ها اسفرزه کشت شد. تیمارها شامل دو سطح بدون تنش و توأم با تنش به عنوان فاکتور اول، دو سطح میکوریزا (تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* و عدم تلقیح) به عنوان فاکتور دوم و سه نوع کود (کاربرد جداگانه ازتوباکتر *Azotobacter chroococcum* کاربرد 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره و کاربرد تلفیقی ازتوباکتر بعلاوه 20 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره) به عنوان فاکتور سوم بودند.

در تیمار بدون تنش، با رسیدن میزان رطوبت به 70 درصد ظرفیت مزرعه (FC)، آبیاری مجدد به میزان 100 درصد FC و در تیمار تحت تنش نیز با رسیدن میزان رطوبت به 50 درصد FC، آبیاری مجدد به اندازه 65 درصد FC انجام گرفت. برای اعمال تیمارهای آبیاری ابتدا خاک مورد نظر در آزمایشگاه و طی چند روز نمونه برداری به صورت وزنی تعیین شد. میزان کاهش رطوبت در گلدان‌ها نیز با کمک دستگاه بلوک گچی مشخص گردید. لازم به ذکر است که تیمار تنش یک ماه پس از سبز شدن شروع گردید و تا مرحله برداشت (15 شهریور) ادامه یافت. جهت محاسبه راندمان مصرف آب، در هر بار آبیاری، حجم آب اضافه‌شده به گلدان‌ها ثبت گردید. برای تلقیح خاک از مایه تلقیح قارچ (*G. intraradices*) استفاده گردید، به طوری که در تیمارهای میکوریزایی لایه‌ای به ضخامت 1 سانتی‌متر و با وزن مشخص 144 گرم از ماده تلقیح روی خاک گلدان‌های میکوریزایی پخش گردید. سپس لایه‌ای 1 الی 1/5 از مخلوط خاک و ماسه به طور یکنواخت بر روی ماده تلقیح پخش شد. جهت جلوگیری از آلودگی گلدان‌های غیر میکوریزایی با قارچ، آماده‌سازی این گلدان‌ها قبل از گلدان‌های میکوریزایی صورت گرفت. در تیمارهای بدون میکوریزا علاوه بر مخلوط خاک و ماسه بادی، مایه تلقیح استریل شده نیز به منظور ایجاد شرایط مشابه با گلدانهای میکوریزایی در گلدان‌ها ریخته شد. به منظور تلقیح بذور با ازتوباکتر (*A. chroococcum*) نیز از روش بذرمال استفاده شد. در اوایل خرداد در هر گلدان 10 بذر اسفرزه در عمق یک

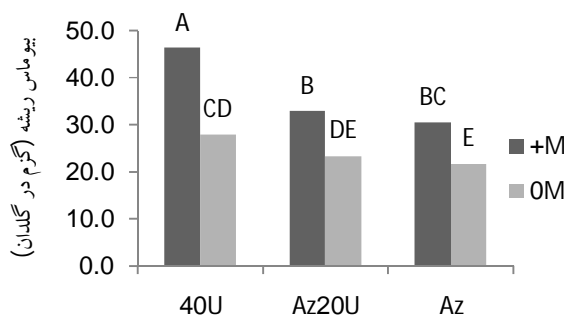
جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای مختلف بر جنبه‌های مختلف بیوماس اسفزه

منابع تغییر	درجه آزادی	بیوماس ریشه	بیوماس اندام‌های هوایی	نسبت بیوماس ریشه به اندام‌های هوایی
تکرار	3	58/8 ^{ns}	3/ ^{ns} 2	0/04 ^{ns}
تنش خشکی (S)	1	1551 ^{**}	1440 ^{**}	0/03 ^{ns}
میکوریزا (M)	1	1792 ^{**}	659/8 ^{**}	0/31
کود (F)	2	553/5 ^{**}	242 ^{**}	0/05
M×S	1	29/5 ^{ns}	18/5 ^{ns}	0/02 ^{ns}
F×S	2	43/6 ^{ns}	26/8 ^{ns}	0/02 ^{ns}
F×M	2	109/9 ^{**}	3/16 ^{ns}	0/04
F×M×S	2	21/7 ^{ns}	45/7 ^{ns}	0/01 ^{ns}
خطای آزمایشی	33	10/6	10/38	0/01

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد



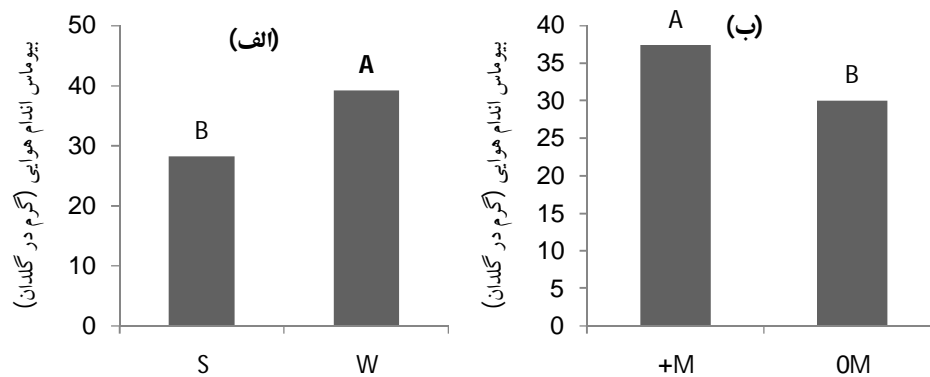
شکل 1- اثر تنش خشکی بر بیوماس ریشه اسفزه. حروف روی ستون‌ها بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد. S و W: به ترتیب تنش خشکی و عدم وجود تنش خشکی



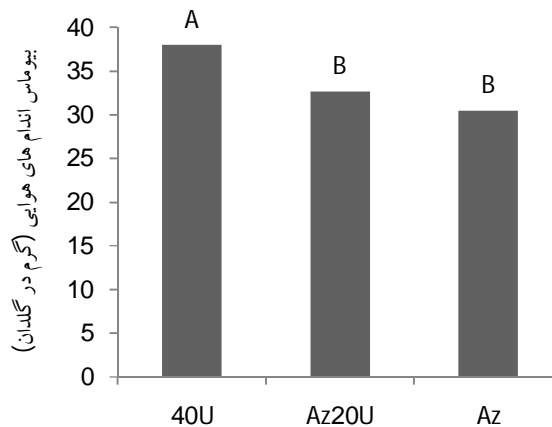
شکل 2- اثر متقابل هم‌زیستی میکوریزایی با کودهای بیوماس اسفزه. ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. M+ و M0 به ترتیب وجود هم‌زیستی میکوریزایی و عدم هم‌زیستی؛ Az: کاربرد ازتوباکتر؛ U20 و U40 به ترتیب کاربرد 20 و 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره

میکوریزا سبب افزایش بیوماس اندام‌های هوایی اسفزه به میزان 24/1 درصد گردید (شکل 3 ب). از بین تیمارهای مختلف کودی نیز تیمار کاربرد 40 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره بیشترین تأثیر را بر میزان بیوماس اندام‌های هوایی داشت و بین کاربرد جداگانه ازتوباکتر یا کاربرد ازتوباکتر به همراه 20 کیلوگرم در هکتار اوره اختلاف آماری معنی‌دار وجود نداشت (شکل 4)

اثرات اصلی تنش خشکی، هم‌زیستی میکوریزایی و کود بر بیوماس اندام‌های هوایی در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار شد ولی اثرات متقابل این عوامل بر بیوماس اندام‌های هوایی معنی‌دار نبود (جدول 1). بیشترین بیوماس اندام‌های هوایی (39/21 گرم در گلدان) در شرایط عدم وجود تنش ایجاد و خشکی باعث کاهش 28 درصدی بیوماس شد (شکل 3 الف). تیمار هم‌زیستی میکوریزایی در مقایسه با عدم هم‌زیستی



شکل 3- اثر تنش خشکی (الف) و هم‌زیستی میکوریزایی (ب) بر بیوماس اندام‌های هوایی اسفزه. حروف روی ستون‌ها بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد. M+ و M0: به ترتیب گیاه میکوریزایی و غیر میکوریزایی و S و W: به ترتیب تنش خشکی و عدم وجود تنش خشکی



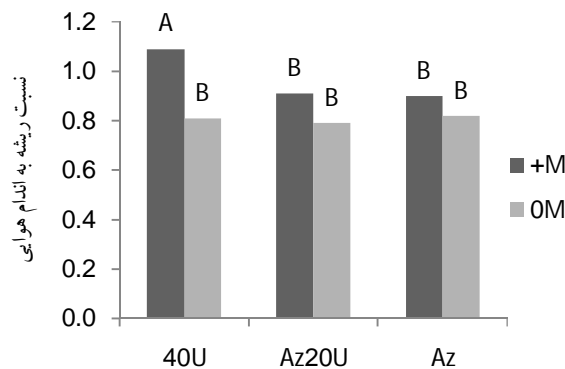
شکل 4- اثر تیمارهای کودی بر بیوماس اندام هوایی اسفزه. ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. Az: کاربرد از توپاکتر؛ U20 و U40 به ترتیب کاربرد 20 و 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره

اثرات اصلی میکوریزا و کود و اثر متقابل آنها به ترتیب در سطح احتمال 1 و 5 درصد بر نسبت بیوماس ریشه به اندام هوایی معنی‌دار گردید (جدول 1). بیشترین نسبت بیوماس ریشه به اندام‌های هوایی در تیمار M+U40 به دست آمد و از این نظر با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌داری بود، اما بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل 5).

کارایی مصرف آب در تولید بیوماس

همان‌طور که در جدول 2 مشاهده می‌شود کارایی مصرف آب در تولید بیوماس اندام هوایی، از نظر آماری پاسخ معنی‌داری به اثرات اصلی و متقابل کلیه عوامل آزمایشی به جز اثر متقابل کود \times میکوریزا نشان داد (جدول 2). بیشترین مقدار این کارایی (2/95) گرم بر کیلوگرم آب مصرفی، در تیمار SM+U40 به دست آمد که نسبت به تیمار مشابه ولی بدون وجود تنش

اثرات اصلی و متقابل تنش خشکی، میکوریزا و کود بر کارایی مصرف آب در تولید بیوماس کل گیاه، در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار گردید (جدول 2). بیشترین میزان این کارایی (6/01) گرم بر کیلوگرم آب مصرفی نیز مشابه با کارایی مصرف آب بر اساس بیوماس اندام‌های هوایی در تیمار SM+U40 به دست آمد (شکل 6). علاوه بر افزایش کارایی مصرف آب با وجود تنش، کود اوره نیز سبب افزایش این نوع کارایی مصرف آب گردید، به طوری که تیمار 40 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره موجب افزایش 42 درصدی آن نسبت تیمار SM+Az شد (شکل 6 ب).



شکل 5- اثر متقابل هم‌زیستی میکوریزایی با کوددهی بر نسبت ریشه به اندام هوایی اسفرزه. ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. M+ و M0 به ترتیب وجود هم‌زیستی میکوریزایی و عدم هم‌زیستی؛ Az: کاربرد از توپاکتر؛ U20 و U40 به ترتیب کاربرد 20 و 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای مختلف بر جنبه‌های مختلف کارایی مصرف آب اسفرزه.

کارایی مصرف آب					
منبع تغییر	درجه آزادی	بیوماس اندام‌های هوایی	بیوماس کل گیاه	تولید دانه	تولید موسیلاژ
تکرار	3	0/02 ^{ns}	0/08 ^{ns}	0/002 ^{ns}	0/00 ^{ns}
تنش خشکی (S)	1	15/05 ^{**}	50/8 ^{**}	0/15 ^{**}	0/006 ^{**}
میکوریزا (M)	1	1/8 ^{**}	12/7 ^{**}	0/05 ^{**}	0/001 ^{**}
کود (F)	2	0/7 ^{**}	3/8 ^{**}	0/004 ^{ns}	0/0001 ^{ns}
M×S	1	0/7 ^{**}	4/6 ^{**}	0/02 ^{**}	0/0007 ^{**}
F×S	2	0/34 ^{**}	1/3 ^{**}	0/001 ^{ns}	0/0000 ^{ns}
F×M	2	0/05 ^{ns}	0/6 ^{**}	0/004 ^{ns}	0/0002 ^{ns}
F×M×S	2	0/13 [*]	0/55 ^{**}	0/001 ^{ns}	0/0001 ^{ns}
خطای آزمایشی	33	0/03	0/09	0/001	0/000

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد

کارایی مصرف آب در تولید دانه و موسیلاژ

اثرات اصلی تنش خشکی، هم‌زیستی میکوریزایی و اثر متقابل این عوامل بر کارایی مصرف آب در تولید دانه و در تولید موسیلاژ در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار شد ولی اثرات سایر عوامل بر این دو صفت معنی‌دار نبود (جدول 2). بیشترین کارایی مصرف آب در تولید دانه (0/31) در تیمار SM+ به دست آمد و سایر تیمارها بدون اختلاف معنی‌دار در مرتبه بعدی قرار گرفتند (شکل 7 الف). بنابراین، وجود تنش خشکی فقط در شرایط حضور هم‌زیستی میکوریزایی بر افزایش کارایی مصرف آب در تولید دانه مؤثر بود. این در حالی است که کارایی مصرف آب در تولید موسیلاژ در شرایط تنش خشکی حتی بدون میکوریزا بالاتر از شرایط بدون تنش بود و میکوریزا در شرایط بدون تنش موجب افزایش بیشتر این نوع کارایی گردید (شکل 7 ب).

بحث

در شرایط تنش خشکی بیوماس ریشه اسفرزه به میزان 31/4 درصد کاهش یافت. از سوی دیگر، تکثیر سیستم ریشه‌ای در حضور هم‌زیستی میکوریزایی به افزایش جذب عناصر معدنی به خصوص نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت داده شده است (نرواله و همکاران، 2005). نتایج یک بررسی که در آن تأثیر قارچ *G. Deserticola* بر روابط آبی و رشد رویشی گیاه رزماری مطالعه شد حاکی است که در گیاهان هم‌زیست با قارچ میکوریزا، بیوماس ریشه و قسمت هوایی در مقایسه با گیاهان شاهد بیشتر بود (سانچز بلن و همکاران، 2004). همچنین رحیمی و همکاران (2011) نیز نشان دادند که قطع آبیاری در زمان گلدهی اسفرزه سبب کاهش بیوماس آن به میزان 42/91 درصد گردید. به نظر می‌رسد از آنجایی که بیوماس مجموعه‌ای از اندام زایشی و

در شرایط آبیاری نرمال تلقیح میکوریزایی تأثیری بر کارایی مصرف آب در دانه و موسیلاژ نداشته است و فقط تحت شرایط تنش خشکی میکوریزا موجب افزایش تولید دانه و موسیلاژ نسبت به عدم تلقیح میکوریزا به ترتیب به میزان 46 و 55 درصد شده است (شکل 7 الف و ب). این نتیجه حاکی است که وجود میکوریزا با افزایش قابلیت دسترسی آب و مواد غذایی برای گیاه احتمالاً نقش تنش خشکی در کاهش فتوسنتز گیاه را تعدیل نموده و در نتیجه با جلوگیری از افت عملکرد دانه و بیوماس موجب برتری معنی‌دار کارایی مصرف آب در تولید دانه و موسیلاژ شده است. هر چند که ویژگی کارایی مصرف آب از جنبه تولید کیفی محصول اسفرزه در شرایط تنش خشکی افزایش یافت، نکته قابل توجه نقش هم‌افزایی تلقیح میکوریزایی بر بهبود این نوع کارایی بود. واکریم و همکاران (2005) در مطالعات خود روی لوبیا مشاهده کردند که با استفاده از تیمارهای کم آبیاری به دلیل تنش آبی و در نتیجه تعرق کمتر گیاه کارایی مصرف آب افزایش قابل توجهی داشت که این نتایج با تحقیق حاضر مطابقت دارد. با این وجود سونگ سری و همکاران (2009) یازده رقم بادام زمینی را در شرایط آبیاری با معیار تنش و بدون تنش مورد آزمایش قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تنش خشکی منجر به کاهش مقدار کارایی مصرف آب دانه از 1/69 کیلوگرم بر متر مکعب در شرایط بدون تنش به 0/98 کیلوگرم بر متر مکعب در شرایط تنش می‌شود.

نتیجه‌گیری

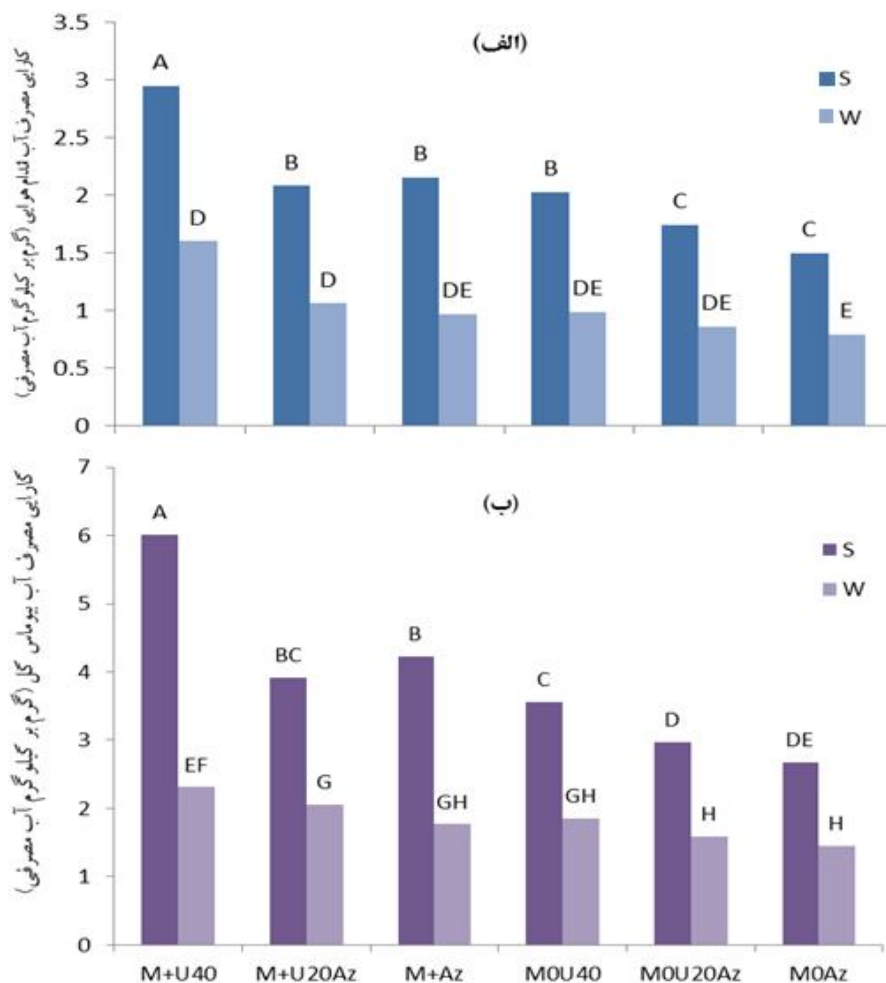
نتایج تحقیق حاضر نشان داد که آبیاری، میکوریزا و منابع کودی بر صفات بیوماس ریشه و اندام هوایی و نیز نسبت بیوماس ریشه به اندام هوایی تأثیر گذاشته و شرایط بدون تنش، همزیستی میکوریزایی و 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین بیوماس ریشه و اندام هوایی را ایجاد کردند ولی نسبت بیوماس ریشه به اندام هوایی تنها تحت تأثیر همزیستی میکوریزایی قرار گرفت. بیشترین مقدار کارایی مصرف آب برای تولید بیوماس در تیمار SM+N40 به‌دست آمد. همچنین بیشترین مقدار کارایی مصرف آب در تولید دانه و موسیلاژ تحت شرایط تنش خشکی بعلاوه همزیستی میکوریزایی به ترتیب 0/31 و 0/057 گرم در کیلوگرم آب مصرفی مشاهده گردید. به‌طور کلی نتایج نشان داد که کارایی مصرف آب در تولید دانه فقط با تلقیح میکوریزایی توأم با تنش خشکی افزایش می‌یابد ولی کارایی مصرف آب در تولید موسیلاژ نه تنها با تنش خشکی افزایش می‌یابد بلکه در شرایط تنش

رویشی است، هرچه بر میزان تنش خشکی افزوده شود، جذب آب در گیاه و افزایش کلی بیوماس این بخش‌ها کمتر خواهد بود، زیرا تنش خشکی به سبب اثر بازدارنده- ای که بر میزان فتوسنتز برگ دارد (رفعت و صالح، 1997) سبب کاهش میزان بیوماس تولیدی می‌شود. تیمار هم-زیستی میکوریزایی در مقایسه با عدم هم‌زیستی میکوریزا سبب افزایش بیوماس اندام‌های هوایی اسفرزه به میزان 24/1 درصد گردید (شکل 3). کوپتا و همکاران (2006) دلیل افزایش بیوماس ریحان در شرایط تلقیح با سه گونه قارچ میکوریزا را افزایش راندمان مصرف آب و بهبود جذب و دسترسی به عناصر غذایی برای گیاه تحت شرایط تلقیح با قارچ همزیست ذکر کردند. در بین تیمارهای کودی، تیمار 40 کیلوگرم در هکتار نیتروژن نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. مطالعه پوریوسف و همکاران (2007) نیز نشان داد که کاربرد 50 کیلوگرم در هکتار اوره در اسفرزه بیشترین میزان ماده خشک (13/89 گرم در گلدان) را نسبت به شاهد ایجاد کرد. اشرف و همکاران (2006) نیز با کاربرد 60 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین میزان بیوماس ریشه و اندام هوایی را به‌دست آوردند، اما به دلیل عدم اختلاف معنی‌دار با سطح 30 کیلوگرم در هکتار، برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست و صرف هزینه جهت خرید کود بیشتر، کاربرد 30 کیلوگرم نیتروژن در هکتار را مناسب دانستند.

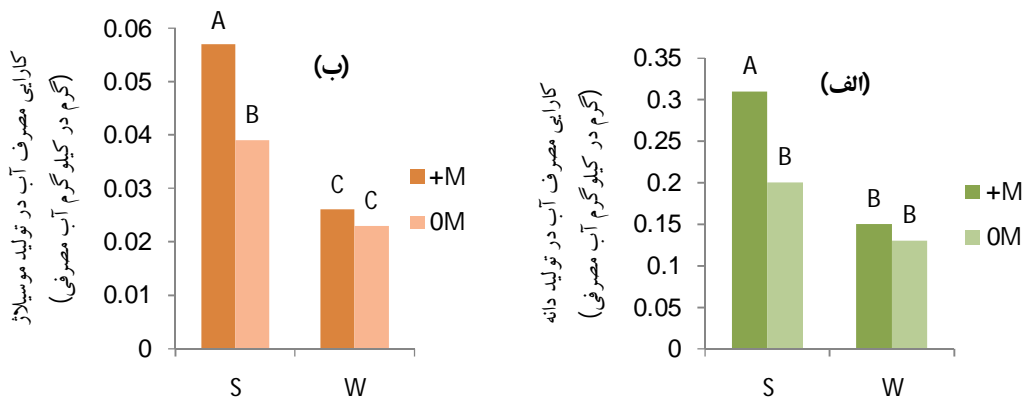
نسبت بیوماس ریشه به اندام هوایی در تیمار دارای میکوریزا و یا با افزایش کود نیتروژن افزایش یافت (شکل 5)، دلیل این امر می‌تواند افزایش بیوماس ریشه در تیمار M+U40 باشد که موجب افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی گردیده است. علیزاده و همکاران (2007) نیز افزایش نسبت ریشه به اندام هوایی ذرت را با کاربرد میکوریزا و کود نیتروژن گزارش کردند.

به‌طور کلی تیمارهای تحت تنش خشکی نسبت به تیمارهای بدون تنش کارایی مصرف آب بالاتری داشتند (جدول 3)، که این امر می‌تواند به دلیل میزان کمتر آب به کار برده شده در این تیمارها باشد. آلن و مازیک (1993)، افزایش کارایی مصرف آب را در نتیجه اعمال تنش خشکی گزارش کرده‌اند. آنها علت این امر را دلایل متعددی از جمله به‌هدررفت آب از طریق تبخیر و تعرق و نفوذ عمقی بیشتر در تیمار آبیاری کامل دانستند. هم-چنین تیمارهای دارای میکوریزا نیز توانسته‌اند موجب افزایش کارایی مصرف آب به خصوص در شرایط تنش شوند (جدول 3). این امر می‌تواند به دلیل افزایش وابستگی گیاه به قارچ جذب عناصر غذایی و آب به خصوص در شرایط وجود تنش باشد (الکراکی، 1998).

خشکی توأم با تلقیح میکوریزایی با شدت بیشتری افزایش می‌یابد.



شکل 6- اثر متقابل تنش خشکی، همزیستی میکوریزایی و کوددهی بر کارایی مصرف آب در تولید بیوماس اندام هوایی (الف) و بیوماس کل (ب) اسفزه. ستون‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد اختلاف معنی‌داری ندارند. S و W: به ترتیب تنش خشکی و عدم وجود تنش خشکی، M+ و M0 وجود همزیستی میکوریزایی و عدم همزیستی؛ Az: کاربرد از توپاکتر؛ U20 و U40 به ترتیب کاربرد 20 و 40 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره



شکل 7- اثر متقابل تنش خشکی و همزیستی میکوریزایی بر کارایی مصرف آب در تولید دانه (الف) و تولید موسیلاژ (ب) اسفزه. حروف روی ستون‌ها بیانگر اختلاف آماری معنی‌دار براساس آزمون LSD در سطح احتمال 5 درصد می‌باشد. S و W: به ترتیب تنش خشکی و عدم وجود تنش خشکی، M+ و M0 به ترتیب گیاه میکوریزایی و غیر میکوریزایی

بدین‌وسیله از مساعدت‌های مالی دانشگاه شهرکرد در اجرای این پژوهش قدردانی می‌نمائیم.

فهرست منابع:

1. Alizade, A. Majidi, A. Nadiyan, H.A. Noormohamadi, GH. and Ameriyan, M.R. 2007. Effects of mycorrhiza inoculation at different levels of irrigation and nitrogen on morphological and physiological characteristics of maize. *New Findings in Agriculture*. 4:309-318.
2. Al-Karaki, G.N. 1998. Benefit, cost and water-use efficiency of arbuscular mycorrhizal durum wheat under drought stress. *Mycorrhiza*. 80:41-45.
3. Allen, R.R. and Musik, J.T. 1993. Planting date, water management, and maturity length relations for irrigated grain sorghum. *Trans ASAE*. 36:1123-1129.
4. Ashraf, M. Qasim, A. and Shik Rha, E. 2006. Effect of varying nitrogen regimes on growth, seed yield, and nutrient accumulation in isabgol. *Journal of Plant Nutrition*. 29:535-542.
5. Board, N. 2002. *Hand Book on Herbs Cultivation and Processing*. Asia Pacific Business Inc, India. 422 pp.
6. Copetta, A. Lingua, G. and Bert, G. 2006. Effect of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. *Mycorrhiza*. 16:485-494.
7. Earl, H and Davis, R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. *Agronomy Journal*. 95:688-696.
8. Ghasemi Siani, E. Fallah, S. and Tadayyon, A. 2011. Study on yield and seed quality of *Plantago ovata* Forssk., under different nitrogen treatments and deficit irrigation. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 27:517-528. (In Farsi).
9. Kaphi, M. and Mahdavi Damghani, A. 2007. *Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants*. Ferdowsi University Press, Mashhad. 467 pp. (In Farsi).
10. Mandal, K. Saravanan, R. and Maiti, S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (*Peronospora plantaginis*) and seed yield of isabgol (*Plantago ovata*). *Crop Protection*. 27:988-995.
11. Mirzakhani, M. Ardakani, M.R. Aeeneband, A. Shirani Rad, A.H. and Rejali, F. 2009. Effects of dual inoculation of *Azotobacter* and mycorrhiza with nitrogen and phosphorus fertilizer rates on grain yield and some characteristics of spring safflower. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*. 1:39-43.
12. Naghdi Badi, H.S. Dastpak, A. and Ziyae, S.A. 2003. Review of the psyllium plant (*Plantago psyllium* L. and *Plantago ovata* Forsk). *Journal of Medicinal Plants*, 9:1-14. (In Farsi).
13. Narula, N Saharan, B.S. Kumar, V. Bhatia, R. Bishnoi, L.K. Lather, B.P.S. and Lakshminarayana, K. 2005. Impact of use of biofertilizers on cotton (*Gossypium hirsutum*) crop under irrigated agro-ecosystem. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 51:69-77.
14. Omidbeigi, R. 2009. *Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants*, Astan-e Quds-e Razavi Press, Mashhad. 420 pp. (In Farsi).
15. Patel, B.S. Sadaria, S.G. and Patel, J.C. 1996. Influence of irrigation, nitrogen and phosphorus on yield, nutrient uptake and water-use efficiency of blond psyllium (*Plantago ovata*). *Indian Journal of Agronomy*. 41:136-139.
16. Patel, J.A. and Vora, A.B. 1985. Free proline accumulation in drought-stressed plants. *Plant and Soil*. 84:427-429.

17. Pouryousef, M. Chaichi, M.R. Mazaheri, D. Fakhretabatabaii, M. and Ashraf Jafari, A. 2007. Effect of different soil fertilizing system on seed and mucilage yield and seed P content of isabgol (*Plantago ovate* Frosk.). Asian Journal of Plant Sciences. 6:1088-1092.
18. Rahimi, A. Jahansoz, M.R. Madah Hoseini, S. Sajjadinia, A.R. Roosta, H.R. and Fateh, E. 2011. Water use and water-use efficiency of isabgol (*Plantago ovata*) and French psyllium (*Plantago psyllium*) in different irrigation regimes. Australian Journal of Crop Science. 5:71-77.
19. Refaat, A.M. and Saleh, M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet corn plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo. 48:515-527.
20. Sanches-blan, M.J. Ferrandez, T. Morales, M.A. Morte, A. and Alarcón, J.J. 2004. Variations in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plant infected with *Glomus deserticola* under drought conditions. Journal of Plant Physiology. 161:675-682.
21. Song, H. 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanism. Electronic Journal of Biology. 1:44-48.
22. Songsri, P. Jogloy, S. Holbrook, C.C. Vorasoot, N. Kesmala, T.C. Akkasaeng, C. and Patanothai, A. 2009. Association of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. Agricultural Water Management. 96:790-798.
23. Turner, N.C. 1987. Crop water deficits: a decade of progress. Advances in Agronomy. 39:1-51.
24. Wakarim, A. Aganchich, H. Tahi, H. Serraj, R. and Wahabi, S. 2005. Comparative effects of PRD and regulated deficit irrigation on water relation and water use efficiency in common bean. Agriculture, Ecosystems & Environment. 106:275-287.