



به‌زراعی کشاورزی

دوره ۲۲ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۹

صفحه‌های ۳۴۴-۳۳۳

تأثیر تلقیح مایکوریزا و کاربرد مویان بر خصوصیات علوفه‌ای ذرت هیبرید ۷۰۶ در شرایط کم‌آبیاری

طیبه رستمی^۱، سعیده ملکی فراهانی^{۲*}

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۲۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۰۵

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تلقیح قارچ مایکوریزا و مویان بر خصوصیات علوفه‌ای گیاه ذرت تحت شرایط کم‌آبیاری، آزمایش به‌صورت کرت خردشده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. کرت‌های اصلی شامل رژیم‌های کم‌آبیاری در سه سطح (۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده) و کرت‌های فرعی شامل قارچ مایکوریزا (کاربرد و عدم کاربرد قارچ مایکوریزا) و مویان (کاربرد و عدم کاربرد مویان) بودند. تجزیه داده‌ها نشان داد که کم‌آبیاری، تلقیح با قارچ مایکوریزا و کاربرد مویان اثر معنی‌داری بر صفات پروتئین، ماده خشک قابل هضم، قندهای محلول، درصد دیواره سلولی، فیبرهای شسته‌شده با شوینده خشی، وزن خشک علوفه و کارایی مصرف آب داشت. نتایج نشان داد که با افزایش درصد تخلیه آب قابل استفاده و کاربرد مایکوریزا درصد پروتئین، درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب، درصد فیبرهای شسته‌شده با شوینده‌های اسیدی در مقایسه با شاهد به‌ترتیب ۳۹/۲۴، ۳۰/۶۴ و ۳۹ درصد افزایش نشان دادند. کاربرد مویان بر درصد فیبرهای شسته‌شده با شوینده‌های خشی معنی‌دار نبود. همزمان با افزایش سطوح تنش کم‌آبیاری وزن خشک علوفه کاهش یافته و بیش‌ترین وزن خشک علوفه (۴۰۰ گرم در بوته) در شرایط آبیاری کامل و کاربرد مویان و مایکوریزا مشاهده شد. نتایج هم‌چنین نشان داد که با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده، کاربرد مویان و تلقیح با قارچ مایکوریزا افزایشی ۹۷ درصدی در کارایی مصرف آب نسبت به شاهد مشاهده شد.

کلیدواژه‌ها: تنش آبی، ذرت، قارچ مایکوریزا، کارایی مصرف آب، کیفیت علوفه.

The Impact of Applying Mycorrhiza and Surfactant on Forage Characteristics of Maize under Deficit Irrigation

Tayebe Rostami¹, Saeideh Maleki Farahani^{2*}

1. M.Sc. Student, Department of Crop production and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran

2. Assistant Professor, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, Shahed University, Tehran, Iran

Received: October 27, 2019

Accepted: June 10, 2020

Abstract

In order to investigate the effect of mycorrhiza and surfactant on forage characteristics of corn (*Zea mays* L.) under deficit irrigation condition, a split plot factorial experiment has been conducted during 2016 in a randomized complete block design with three replicates at the Research Farm of Agricultural College, Shahed University, Iran. The experimental treatments include irrigation at three levels of 30%, 60%, and 90% available soil water depletion as the main factor and inoculation with mycorrhizal fungi (*Glomus etunicatum*, *G. intraradices*, and *G. mossea*) at two levels (inoculation and no inoculation with mycorrhizal) and treatment of surfactant solution containing two levels (application of surfactant and non-use of surfactant solution) as the sub factors. Results show that by increasing depletion of available soil water, application of mycorrhizal fungi increases crude protein percentage (CP), water soluble carbohydrate (WSC), and acid detergent fibre (ADF) by 39.24%, 30.64%, and 39%, respectively. Application of surfactant on NDF percentage has not been significant. As deficit irrigation stress rises, dry weight of forage declines. The highest dry weight of forage (400 gr/plant) occurs under normal irrigation conditions and application of surfactant and mycorrhiza. Results also show that by increasing the amount of available water discharge, application of surfactant and inoculation with mycorrhizal fungi increase water use efficiency by 97%, compared to the control.

Keywords: Corn, forage quality, mycorrhiza fungi, water stress, water use efficiency.

۱. مقدمه

در بین گیاهان علوفه‌ای، ذرت یکی از مهم‌ترین‌هاست که در گستره بزرگی برای تولید دانه و علوفه غیرمرتعی کشت و کار می‌شود. دانه این گیاه در تغذیه پرندگان و بخش‌های هوایی آن پس از برداشت در مرحله شیری، برای تولید علوفه سیلویی مصرف می‌شود (Mirhadi, 2002). از آنجایی که ذرت در دوره‌های مختلف رشد و نمو نیازهای متفاوتی به عناصر غذایی دارد، اثر تنش خشکی نیز بر روند غلظت و تجمع عناصر غذایی در دوره‌های مختلف رشدی متفاوت بوده و با افزایش نیاز گیاه به عناصر غذایی در هر مرحله از رشد، اثر تنش خشکی نیز در آن دوره بیش‌تر خواهد بود (Ocampo, 2004). تولید علوفه و محصولات زراعی به‌طور مستقیم از طریق تغییرات اقلیمی و به‌طور غیرمستقیم از طریق تغییر در دسترسی به مواد مغذی تحت تأثیر قرار می‌گیرند که منجر به افزایش تغییر در عملکرد و کیفیت علوفه می‌شود (Olesen et al., 2011). کیفیت علوفه که تابع عوامل ژنتیک، محیط (Buxton, 1996)، سن گیاه و مرحله رشد (Ghoorchi et al., 1997) است، با توجه به پارامترهایی مانند درصد پروتئین، درصد فیبر و قابلیت هضم تعریف می‌شود (Mirlohi et al., 2000) و در این میان قابلیت هضم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا با مقدار انرژی و موادی که به‌وسیله دام دریافت می‌شود، ارتباط دارد (Buxton, 1996).

استفاده بهینه از منابع بیولوژیک نه تنها دارای اثرات مثبتی بر خصوصیات خاک می‌باشد، بلکه از جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی نیز مفید بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای نهاده‌های شیمیایی باشد (Dodd, 2000). قارچ‌های میکوریزا آرباسکولار از طریق افزایش سطوح جذب‌کننده عناصر غذایی از جمله هیف‌ها و میسلیوم‌ها سبب افزایش سطح جذب آب و جذب

عناصری با تحرک کم مانند مس (Cu)، روی (Zn) و فسفر (P) و در نتیجه افزایش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (Santiago et al., 2017). این قارچ‌ها علاوه بر افزایش جذب مواد غذایی ممکن است سبب تحریک مواد تنظیم‌کننده رشد، افزایش فتوسنتز، بهبود تنظیم فشار اسمزی در شرایط خشکی و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی نیز می‌شوند (Esmailpour et al., 2013). این قارچ‌ها با افزایش تنوع زیستی میکروبی محیط به بازسازی خاکدانه‌های خاک و افزایش بهره‌وری و کنترل فرسایش خاک کمک می‌کنند (Millar & Bennett, 2016; Faria et al., 2017).

مویان‌ها یا عوامل خیس‌کننده دارای مولکول‌های آمفیبولی هستند که کشش سطحی آب را کاهش و حلالیت ترکیبات آلی آب‌گریز را افزایش می‌دهد (Laha et al., 2009). کاربرد مویان در خاک باعث کاهش کشش سطحی آب شده و در نتیجه نفوذ آب از سطح خاک راحت‌تر و سطح خیس‌کنندگی خاک افزایش می‌یابد (Pulter et al., 2009). Mehrvarz et al. (2013) در شرایط تنش شدید، استفاده از مویان‌ها باعث افزایش ارتفاع بوته در مقایسه با شرایط بدون کاربرد مویان می‌شود. طی سال‌های اخیر، پژوهش‌گران بر تأثیر کم‌آبایی بر اجزای عملکرد علوفه، عملکرد دانه و ساختار خاک تمرکز کرده‌اند (Chaichi et al., 2015). همان‌گونه که مشخص شده است کاربرد مایکوریزا و مویان هر یک به تنهایی اثرات مثبتی بر تعدیل تنش خشکی در گیاهان گذاشته است. لذا در این پژوهش اثر کاربرد مویان و مایکوریزا در شرایط کم‌آبایی بر کمیت و کیفیت علوفه ذرت مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر مویان و تلقیح مایکوریزا جنس *Glomus*

که در این رابطه $In =$ حجم آب آبیاری برحسب مترمکعب، $Fc =$ رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی، $\Theta =$ رطوبت خاک در هر تیمار، $D =$ عمق توسعه ریشه (متر) و $A =$ مساحت کرت (مترمربع) می‌باشد. میزان آب مورد استفاده در هر تیمار در جدول (۱) مشخص شده است.

آبیاری به‌صورت جوی و پشته انجام شد و انتهای کرت‌ها برای جلوگیری از خروج آب به‌طور کامل بسته شد. در این مطالعه از ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۶ استفاده شد. در هر کرت چهار ردیف با فاصله نیم متر و فاصله بوته ۲۰ سانتی‌متر کشت شدند. کاربرد مویان به مقدار یک میلی‌گرم در هر لیتر آب آبیاری (Daneshnia et al., 2016) در تمامی زمان‌های آبیاری صورت گرفت. قارچ مایکوریزا نیز به‌صورت تلقیح با بذر به مقدار ۳۰ گرم در هر کیلوگرم بذر در زمان کشت در تیمارهای تلقیحی استفاده شد. در نهایت در زمان رسیدگی بلال (پایان خمیری شدن دانه) برای اندازه‌گیری صفات کیفی، نمونه‌هایی از کل اندام هوایی تهیه شد و پس از خشک‌کردن، آسیاب شده و سپس ۲۰ گرم از نمونه‌های آسیاب‌شده برای اندازه‌گیری صفات کیفی برداشته شد. اندازه‌گیری در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع و با استفاده از دستگاه آنالیز کیفیت علوفه (مدل ۸۶۲۰، ساخت آمریکا) انجام شد. داده‌های حاصله از طریق نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید.

و گونه‌های *intraradices*، *etunicatum* و *mossea* بر ویژگی‌های علوفه‌ای ذرت هیبرید ۷۰۶ در شرایط کم‌آبایی آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شاهد با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شمالی و میزان بارندگی سالیانه ۲۱۶ میلی‌متر، در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ انجام شد. مشخصات خاک مزرعه آورده شده است (جدول ۲). آزمایش به‌صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در سه تکرار و با سه عامل انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در سه سطح آبیاری پس از ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده به‌عنوان عامل اصلی و تلقیح با قارچ مایکوریزا شامل دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا) و مویان در دو سطح (کاربرد و عدم کاربرد مویان) به‌عنوان عوامل فرعی بودند. زمان‌های آبیاری مزرعه با اندازه‌گیری رطوبت خاک به‌روش وزنی از طریق نمونه‌گیری خاک در منطقه توسعه ریشه در تیمارهای مختلف و رسیدن به رطوبت موردنظر تعیین گردید. معیار انتخاب تیمارهای آبیاری، درصد تخلیه آب قابل استفاده از عمق توسعه ریشه بود. در این آزمایش با نمونه‌گیری‌های مکرر خاک، زمان رسیدن به تیمار مورد نظر مشخص شد. پس از رسیدن رطوبت خاک هر تیمار به مقدار موردنظر، آبیاری تیمارها انجام شد و میزان آب آبیاری مصرفی برای هر کرت از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$In = \frac{(Fc - \Theta) \times D \times A}{100} \quad \text{رابطه (۱)}$$

جدول ۱. برنامه آبیاری و میزان آب مورد استفاده در هر تیمار آبیاری

تیمار	تعداد دفعات آبیاری	میزان آب استفاده‌شده در هر کرت (lit)
۳۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده	۱۵	۱۱۹۸
۶۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده	۹	۱۰۲۷
۹۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده	۷	۹۳۵

جدول ۲. مشخصات خاک مزرعه در عمق ۰-۳۰ سانتی متر

سیلت (%)	رس (%)	شن (%)	نیترژن (%)	اسیدیته خاک	بافت خاک	پتاسیم (mg.kg ⁻¹)	فسفر (mg.kg ⁻¹)	آهن (mg.kg ⁻¹)	بر (mg.kg ⁻¹)	روی (mg.kg ⁻¹)	مس (mg.kg ⁻¹)	منگنز (mg.kg ⁻¹)
۴۴	۲۰	۳۶	۰/۱	۷/۵	لومی رسی	۳۷۶/۶	۲۳۰	۰/۰۹	۵/۳۱	۲/۰۵	۲/۴۱	۳/۱

۳. نتایج و بحث

۳.۱. درصد پروتئین علوفه^۱

در گونه‌های علوفه‌ای، پروتئین خام یکی از قابلیت‌های توانایی هضم علوفه می‌باشد (Hughes et al., 2014). تجزیه داده‌ها نشان داد که هر سه عامل آزمایشی کم‌آبیاری، تلقیح با قارچ مایکوریزا آرباسکولار و کاربرد مویان بر درصد پروتئین اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۳). با افزایش درصد تخلیه آب قابل استفاده پروتئین (CP) افزایش معنی‌داری یافت اما با کاربرد مایکوریزا این افزایش معنی‌دار بود (۳۹/۲۴ درصد) (شکل ۱).

در مطالعه عکس‌العمل فیزیولوژیک گندم با کاربرد قارچ مایکوریزا نتایج نشان داده شده است که قارچ مایکوریزا موجب افزایش میزان نیترژن، پروتئین، کربوهیدرات و کل پروتئین‌های محلول در دانه و ساقه شده است (Smith & Read, 2008). همچنین Weichenthal et al. (2004) در آزمایشی روی ارقام علوفه‌ای سورگوم و ارزن مرواریدی و یونجه نشان دادند که درصد پروتئین در ارزن مرواریدی تحت شرایط دیم نسبت به شرایط آبی افزایش یافت. در مطالعه Liu et al. (2018) بر گیاه یونجه نتایج نشان داد که با افزایش سطوح تنش خشکی میزان پروتئین خام (CP) کاهش یافت که با نتایج این مطالعه مغایرت دارد. در مطالعه Watson et al. (2002) بیان داشتند که علت کاهش پروتئین با افزایش تنش به این دلیل است که میزان پروتئین گیاه بستگی به میزان نیترژن در دسترس گیاه دارد و چون با افزایش تنش خشکی نیتروفیکاسیون یونجه کاهش پیدا می‌کند،

در نتیجه میزان نیترژن این گیاه هم با افزایش تنش کاهش پیدا می‌کند.

۳.۲. ماده خشک قابل هضم^۲

تجزیه داده‌ها نشان داد که اثر سطوح مختلف آبیاری و تلقیح با مایکوریزا بر درصد ماده خشک قابل هضم (DMD) معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش درصد آب قابل استفاده مقدار ماده خشک قابل هضم به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. اما با کاربرد مایکوریزا به دلیل در دسترس قرارگرفتن آب آبیاری توسط قارچ‌های مایکوریزا این کاهش حدود ۱۱/۸۴ درصد کم‌تر بود (شکل ۲).

Yazdani et al. (2009) در مطالعه‌ای در گیاه ذرت نشان دادند که کاربرد میکروارگانیسم های حل‌کننده فسفات تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کمی و کیفی ذرت داشت و کیفیت علوفه ذرت را از طریق افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک بهبود بخشید. نتایج پژوهش‌ها نشان داد که کیفیت علوفه تریتیکاله در اثر تلقیح با قارچ مایکوریزا، بهبود چشم‌گیری نسبت به شاهد داشته است (Cazzato et al., 2012).

۳.۳. قندهای محلول برگ، ساقه و بلال^۳

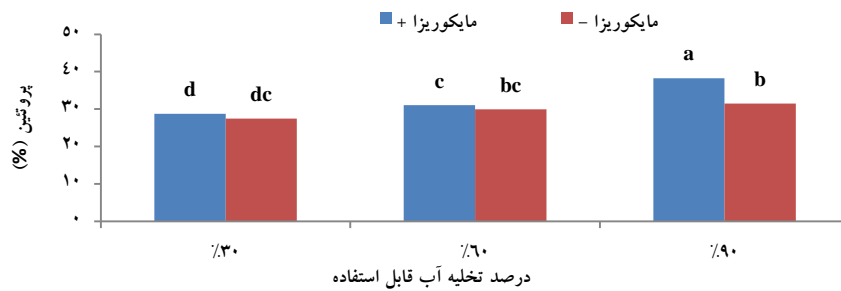
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که قندهای محلول برگ، ساقه و بلال (WSC) به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح آبیاری، تلقیح با قارچ مایکوریزا و کاربرد مویان قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش

2. Dry matter digestible
3. Water soluble carbohydrates

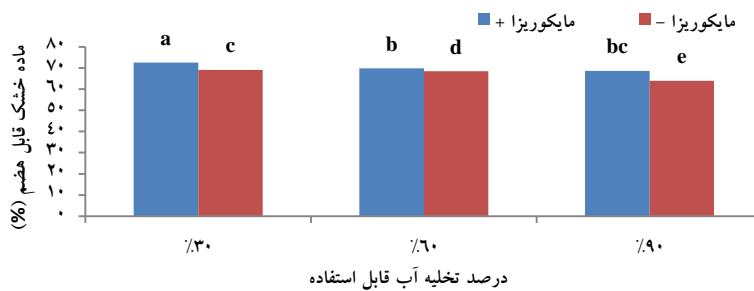
1. Crude protein

تأثیر تلقیح مایکوریزا و کاربرد مویان بر خصوصیات علوفه‌ای ذرت هیبرید ۷۰۶ در شرایط کم آبیاری

سطوح کم آبیاری WSC روندی افزایشی را نشان داد، به طوری که در تیمار تنش شدید و تلقیح با قارچ مایکوریزا (شکل ۳- الف، ب و ج). تنش خشکی از طریق نشان داد تأثیر در افزایش رشد گیاه یونجه موجب افزایش کیفیت علوفه در این گیاه می‌شود (Cassida, 2012).



شکل ۱. اثر کم آبیاری و مایکوریزا روی درصد پروتئین

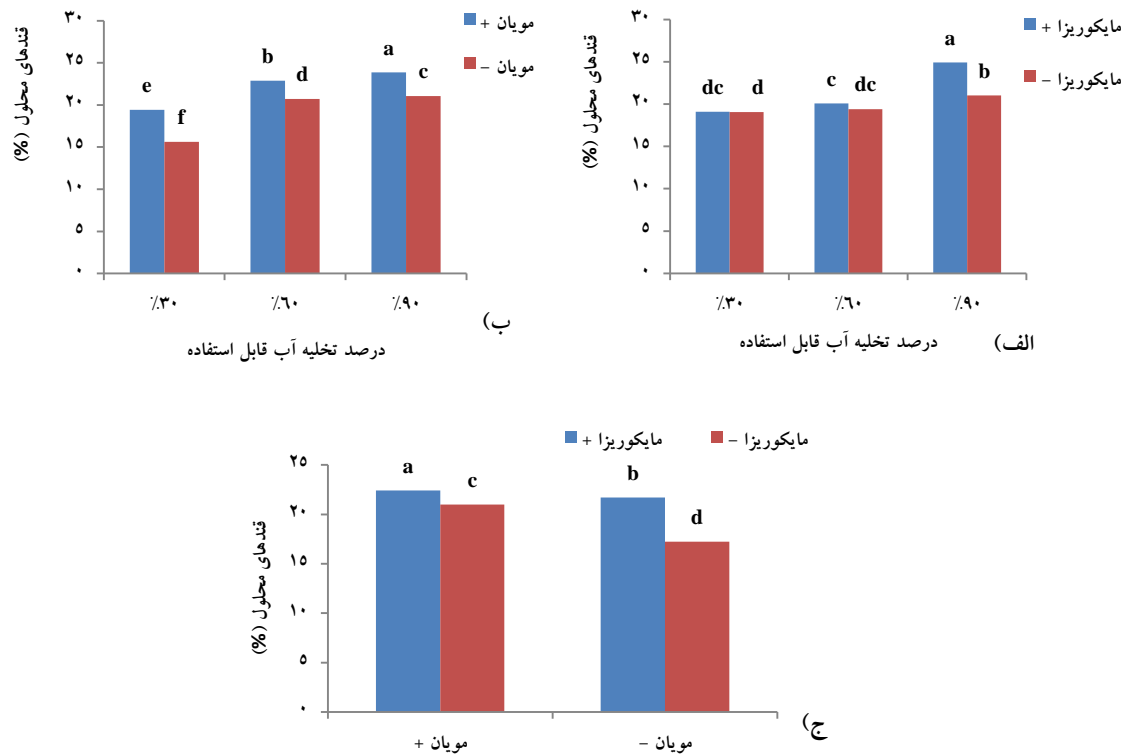


شکل ۲. اثر کم آبیاری و مایکوریزا روی ماده خشک قابل هضم

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر کم آبیاری، مایکوریزا و مویان

میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	پروتئین	ماده خشک قابل هضم	قندهای محلول	الیاف شسته شده با شوینده‌های اسیدی	الیاف شسته شده با شوینده‌های خشی	وزن خشک علوفه	کارایی مصرف آب
بلوک	۲	۳۴/۷۹**	۴/۴۱ ^{ns}	۱/۷۴ ^{ns}	۱۸۹/۹۲**	۵۱/۹۰**	۲۹۸۳/۳۵ ^{ns}	۰/۱۷۶۵ ^{ns}
آبیاری کم	۲	۷۶/۶۰**	۴/۷۶*	۳۵/۳۵**	۳۰۳/۵۵**	۱۰۹/۲۲**	۸۷۰۱۵/۷۸**	۴/۷۸۲**
خطا	۴	۰/۴۱	۱/۸۹	۰/۹۰۳	۰/۵۵	۸/۵۵	۴۲۵۸/۴۸	۰/۰۰۱۱
مایکوریزا	۱	۶۸/۶۲**	۱۸۲/۴۳**	۴۲/۳۰*	۱۵۸/۷۷**	۱۶۰/۲۵**	۳۷۳۹/۱۵**	۰/۴۶۶۴**
مویان	۱	۲۱/۹۴**	۲۵/۸۱**	۱۵۵/۰۲**	۱۰۷/۳۱**	۴۶۱/۵۲**	۲۱/۸۰ ^{ns}	۰/۱۷۳۲۹ ^{ns}
آبیاری × مایکوریزا	۲	۲/۷۵**	۱۳۶/۹۹**	۹۳/۹۹**	۸۰/۴۲**	۳۸۹**	۹۱۱۰۸/۴۳**	۰/۰۰۲۳۱ ^{ns}
آبیاری × مویان	۲	۳/۴۴ ^{ns}	۲/۶۱ ^{ns}	۱۴۱/۳۳**	۲۱۲/۴۲**	۴۰۷/۵۹**	۴۵۰۰۷/۵۹**	۰/۰۰۴۳ ^{ns}
مایکوریزا × مویان	۲	۱/۶۵ ^{ns}	۸/۰۷ ^{ns}	۸۸/۹۵**	۳۵۸/۰۴**	۰/۹۱ ^{ns}	۷۷۹۳۳/۰۷**	۰/۱۹۳۲ ^{ns}
آبیاری × مایکوریزا × مویان	۲	۰/۴۰ ^{ns}	۱۱۹/۴۴**	۵۰/۴۶**	۳۲۵/۱۶**	۳۷/۹۴**	۱۹۷۹۸/۴۶**	۰/۴۴۶۹**
خطا	۱۸	۴۸/۵۱۰	۵۵/۴۰	۲۳۶/۵۰	۹۰/۰۱۶	۱۲۴/۴۹	۷۳۲۵۴/۷۸	۰/۹۸۹۲
ضریب تغییرات (درصد)	۱۰/۶۶	۱/۸۰	۱۲/۴۴	۵/۱۰	۳/۵۱	۱۶/۰۳	۱۴/۹۴	

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.



شکل ۳. اثر کم آبیاری، مایکوریزا و مویان بر درصد قندهای محلول

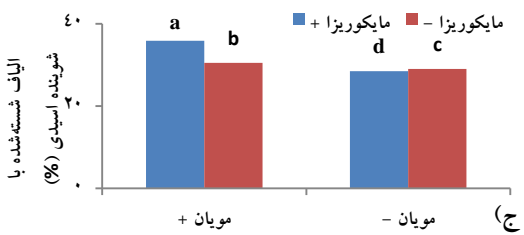
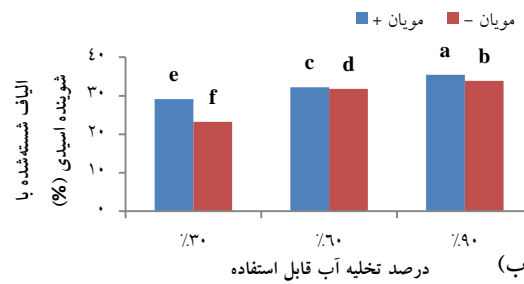
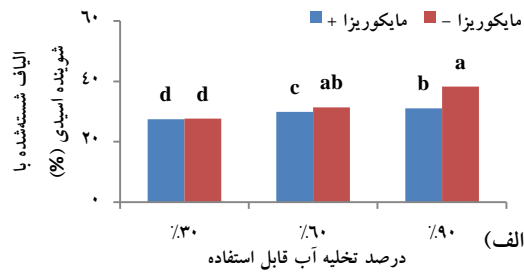
۴. درصد دیواره سلولی برگ، ساقه و بلال عاری از همی سلولز^۱

الیاف شسته شده با شوینده های اسیدی (ADF) بخشی از فیبرهای قابل هضم هستند که کم تر شامل لیگنین و سلولز خام می باشند (Contreras-Govea *et al.*, 2009). با افزایش درصد تخلیه آب درصد ADF افزایش یافت اما کاربرد مایکوریزا این افزایش را تعدیل کرد، به طوری که بیش ترین ADF در تیمار عدم کاربرد مایکوریزا و ۹۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده مشاهده شد (۳۹ درصد) (شکل ۴- الف). اما کاربرد مویان نه تنها افزایش ADF ناشی از تنش را کاهش نداد که آن را ۱۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (شکل ۴- ب). در مطالعه Chaichi *et al.* (2015) کاربرد توأم مایکوریزا و مویان سبب افزایش

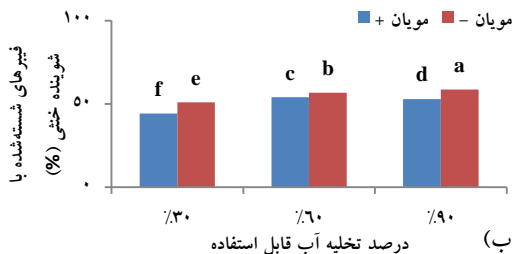
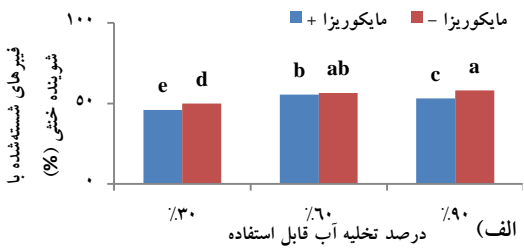
بعضی از پژوهش گران بر این باور هستند که همزیستی با مایکوریزا باعث افزایش قندهای محلول در برگ گیاهان می شود و دلیل این امر را این گونه بیان کرده اند که این ترکیبات با تجمع در سلول، باعث کاهش پتانسیل آب برگ شده و گیاه را از صدمات تنش خشکی محافظت می کنند (Khalafallah & Abo-Ghalia, 2008). در پژوهش Shores *et al.* (2010) نشان داد میزان قندهای محلول برگ ذرت تلقیح شده با قارچ مایکوریزا تحت تنش خشکی نسبت به گیاهان غیر تلقیحی افزایش پیدا کرد. Lidon & Zlatev (2012) گزارش کردند که اثرات تنش خشکی معمولاً سبب کاهش رشد و آسیمیلایون کربن می شود. تعادل اسموتیک قادر به حفظ حالت تورگر سلول جهت بقا و یا کمک به رشد گیاه ارزن مرواریدی و گلرنگ تحت شرایط تنش شدید خشکی شد (Shao *et al.*, 2008; Maghami *et al.*, 2014).

1. Asid detergent fiber

تأثیر تلقیح مایکوزیما و کاربرد مویان بر خصوصیات علوفه‌ای ذرت هیبرید ۷۰۶ در شرایط کم آبیاری



شکل ۴. اثر کم آبیاری، مایکوزیما و مویان بر الیاف شسته شده با شوینده‌های اسیدی



شکل ۵. اثر کم آبیاری، مایکوزیما و مویان بر درصد فیبرهای شسته شده با شوینده خنثی

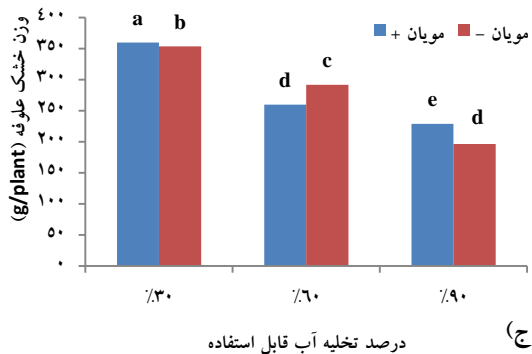
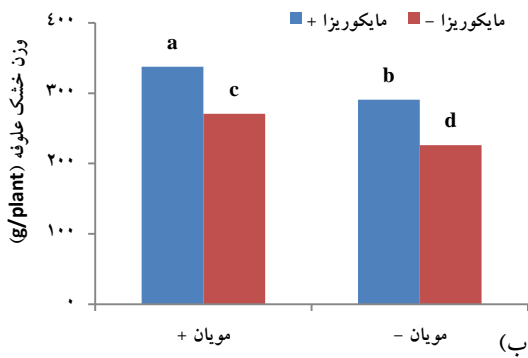
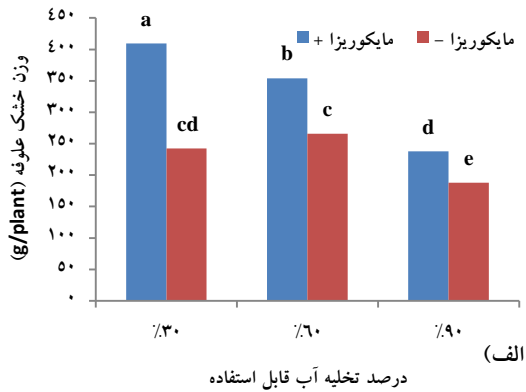
۲۳ درصد ADF شد. که با نتایج مطالعه ما همخوانی داشت (شکل ۴-ج). در مطالعه *Daneshnia et al.* (2016) روی گیاه شبدر برسیم بیان داشتند افزایش ADF می‌تواند به دلیل رقابت گیاه برای جذب آب و مواد غذایی مورد نیاز و شرایط مناسب جهت رشد ساقه گیاه تحت شرایطی که مویان استفاده کرده‌ایم، باشد.

۳.۵. درصد فیبر محلول برگ در شوینده خنثی^۱

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها همزمان با افزایش شدت تنش خشکی، میزان فیبر محلول برگ در شوینده خنثی (NDF) ۲۶ درصد افزایش یافت. اما این افزایش در تیمارهایی که مایکوزیما دریافت کردند کم‌تر بود (شکل ۵-الف). که با نتایج *Mehrvarz et al.* (2013) در مطالعه اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر صفت NDF گیاه جو مطابقت دارد. نتایج پژوهش‌های *Comaei et al.* (2015) نشان داد که تلقیح ماشک گل خوشه‌ای با میکروارگانیزم‌ها بر مقدار NDF اثر معنی‌داری ندارد. تجزیه داده‌ها هم‌چنین نشان داد که درصد NDF به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار با مویان قرار گرفت (جدول ۳). هم‌چنین کاربرد مویان باعث کاهش NDF شد. به‌طوری‌که بیش‌ترین درصد NDF (۱۵) در ۹۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده و عدم کاربرد مویان مشاهده شد (شکل ۵-ب) که با نتایج *Daneshnia et al.* (2016) در گیاه شبدر برسیم تحت شرایط کم آبیاری و کاربرد مویان هم‌خوانی دارد. مویان سبب افزایش سطح تماس آب در خاک می‌شود و ریشه گیاه آب بیش‌تری در دسترس آن قرار می‌گیرد که این منجر به رشد رویشی بیش‌تر گیاه و افزایش NDF شد.

1. Neutral detergent fibers

بدون مایکوریزا شد (شکل ۷). همچنین کاربرد مویان نیز باعث افزایش حداقل این صفت به خصوص در زمان کاربرد همزمان با مایکوریزا نسبت به تیمارهای بدون مویان شد.



شکل ۶. اثر کم آبیاری، مایکوریزا و مویان بر وزن خشک علفه

۶.۳. وزن خشک علفه^۱

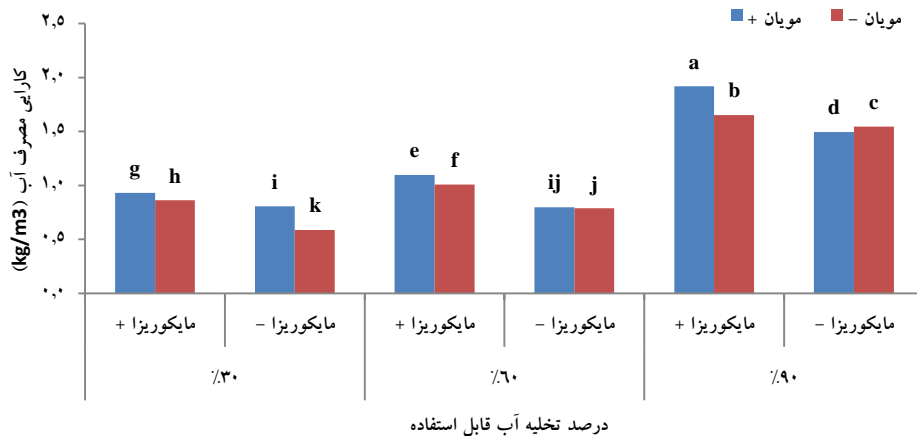
با کاهش میزان آب قابل استفاده در خاک وزن خشک علفه (DMD) به طور معنی داری کاهش یافت، به طوری که در تیمار ۹۰ درصد تخلیه ۵۴ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت اما تلقیح با قارچ مایکوریزا آرباسکولار و کاربرد مویان باعث تعدیل کاهش وزن خشک شد به طوری که شاهد کاهش ۳۲ درصدی نسبت به شاهد بودیم (شکل ۶- الف و ب). در واقع در شرایط عدم تنش خشکی، گیاه طول دوره رشد بیش تری داشته و در این دوره با افزایش سطح برگ، تولید فتوسنتزی بیش تری داشته و در نتیجه وزن خشک علفه (DMD) آن نسبت به شرایط تنش افزایش می یابد (Sinaki et al., 2007). Bath et al. (2005) اظهار داشتند که تلقیح مایکوریزا با گیاه ماش، باعث افزایش معنی دار وزن خشک علفه در این گیاه می شود. کاربرد مویان نیز باعث افزایش وزن خشک علفه در شرایط کم آبیاری شد (Jafarian, 2014). نتایج تجزیه داده ها همچنین نشان داد که تلقیح با قارچ مایکوریزا و کاربرد مویان DMD را تحت تأثیر قرار می دهد. به طوری که بالاترین وزن خشک بوته (۴۹ درصد) نسبت به شاهد در تلقیح با قارچ مایکوریزا و کاربرد مویان مشاهده شد (شکل ۶- ج).

۶.۳. کارایی مصرف آب^۲

تجزیه داده ها نشان داد که با افزایش درصد تخلیه آب قابل استفاده در خاک، کارایی مصرف آب (WUE) افزایش معنی داری یافت. به طوری که کارایی مصرف آب در تیمار ۹۰ درصد تخلیه آب قابل استفاده ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. در تمامی تیمارهای آبیاری، کاربرد مایکوریزا باعث افزایش حداقل ۱۰ درصد WUE نسبت به تیمارهای

1. Dry mater weight
2. Water use efficiency

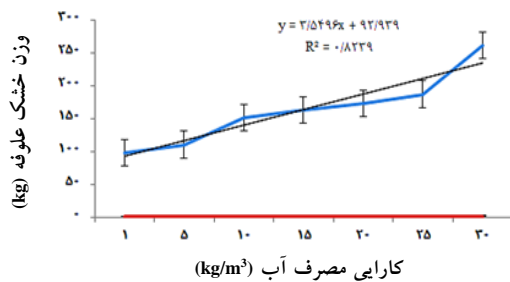
تأثیر تلقیح مایکوزیبا و کاربرد مویان بر خصوصیات علوفه‌ای ذرت هیبرید ۷۰۶ در شرایط کم‌آبایی



شکل ۷. اثر کم‌آبایی، مایکوزیبا و مویان بر کارایی مصرف آب

۸.۳ تجزیه رگرسیونی

بعد از کمی‌سازی نتایج به‌دست‌آمده مشخص گردید که واکنش عملکرد علوفه ذرت نسبت به کارایی مصرف آب از تابع خطی ساده تبعیت می‌کند. این تابع ۸۲ درصد از تغییرات کارایی مصرف آب را توجیه می‌کند (شکل ۸). براساس نمودار برازش‌داده‌شده، با افزایش کارایی مصرف آب افزایش میزان عملکرد علوفه شروع شد. سرعت افزایش با توجه به ضریب b ، $3/5496$ می‌باشد.



شکل ۸. رگرسیون خطی بین کاهش وزن خشک علوفه و کارایی مصرف آب در ذرت

۴. نتیجه‌گیری

نتایج نهایی نشان داد که تنش خشکی شدید باعث افزایش میزان پروتئین خام علوفه، درصد NDF، درصد

همزمان با افزایش محدودیت رطوبتی به‌طور معمول WUE افزایش پیدا می‌کند (Garica et al., 2009). از سوی دیگر کاربرد مویان نیز باعث افزایش کارایی مصرف آب شد که این افزایش زمانی که همزمان قارچ مایکوزیبا نیز به‌کار رفت، بیش‌تر از تیمارهای بدون مایکوزیبا بود. به بیان دیگر نقش مثبت کاربرد مویان و مایکوزیبا بر کارایی مصرف آب در این مطالعه دیده شد. کاربرد مویان با در اختیار قراردادن آب بیش‌تری در منطقه ریشه سبب کاهش معنی‌داری در مصرف آب و کاهش نیاز آبی گیاه می‌شود (Moore et al., 2010). (Nagarathna et al., 2007) در مطالعه اثر همزیستی مایکوزیبا بر رشد آفتابگردان تحت شرایط تنش رطوبتی نتیجه گرفتند که کارایی مصرف آب و بازده تجمعی مصرف آب در گیاهان مایکوزیبا آفتابگردان نسبت به گیاهان تلقیح‌نشده بیش‌تر بود (Miller, 2000). (Guerin-Laguette et al., 2003) گزارش کرده‌اند که افزودن یک نوع مویان مصنوعی غیرفعال به خاک باعث می‌شود هیف‌ها به‌راحتی با ذرات خاک در تماس قرار بگیرند. در واقع به‌دلیل ویژگی‌های مویان‌ها جذب آب و بعضی از مواد مغذی مانند نمک‌های معدنی افزایش پیدا می‌کند.

- The Effect of Application of Biological, Chemical, and Organic Fertilizers on Some Qualitative Characteristics of Cultivars (*Vicia villosa* Roth) in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Agricultural Research*, 14(4), 699-710.
- Contreras-Gove, F. E. Muck, R. E., Armstrong K. L., & Albrecht, K. A. (2009). Fermentability of corn-lablab bean mixtures from different planting densities. *Animal Feed Science and Technology*, 149(3), 298-306.
- Daneshnia, F. Amini, A., & Chaichi, M. R. (2016). Berseem clover quality and basil essential oil yield in intercropping system under limited irrigation treatments with surfactant. *Agricultural water management*, 164 (2), 331-339. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2015.10.036>.
- Dodd, J. (2000). The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro-natural ecosystems. *Outlook on Agriculture*, 29(1), 63-70.
- Esmailpour, B., Jalilvand, P., & Hadian, J. (2013). Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology*, 5(2), 169-177. (in Persian)
- Faria, A.B.C., Monteiro, P.H.R., Auer, C.G., & Angelo, A.C. (2017). Uso de ectomicorizas na biorremediação florestal. *Ciência Florestal, Santa Maria*, 27(1), 21-29 <https://doi.org/10.5902/1980509826444>
- Garica, Y., Garica, A., Guerra, L.C., & Hoogenboom, G. (2009). Water use and water use efficiency of sweet corn under different weather conditions and soil moisture regimes. *Agricultural Water Management*, 22(4), 1369-1376. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.04.022>
- Ghoorchi, T., Ghorbani, G., Basiri, M., & Sadeghian, M. (1997). Determination of digestibility, degradability and chemical composition of three pasture species of Ardestan. In: *Proceeding of 2nd National Conference on Desertification and Desertification Control Methods. Kerman, Iran*. 517-525. (In Persian)
- Guerin-Laguette A., Vaario, L. M., Matsushita, N., Shindo, K., Suzuki, K., & Lapeyrie, F. (2003). Growth stimulation of a Shiro-like, mycorrhiza forming, mycelium of *Tricholoma matsutake* on solid substrates by non-ionic surfactants or vegetable oil. *Mycological Progress*, 2, 37-44.
- Hughes, M.P., Mlambo, V., Jennings, P.G.A., & Lallo, C.H.O. (2014). The accuracy of predicting in vitro ruminal organic matter digestibility from chemical components of tropical pastures varies with season and harvesting method. *Trop. Agric*, 91(2), 135-146. <https://doi.org/10.10041-3216/2014/020131-16>.
- ADF و قندهای محلول کل و کاهش میزان ماده خشک قابل هضم DMD شد. همچنین کاربرد قارچ میکوریزا بر صفات پروتئین خام علوفه، درصد NDF، درصد ADF و WSC تأثیر گذاشت. به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از میکوریزا و مویان در شرایط تنش خشکی می تواند در بهبود صفات کمی و کیفی علوفه ذرت و افزایش کارایی مصرف آب تأثیر به سزایی داشته باشد. هم افزایی اثر مویان و میکوریزا بر بیش تر صفات علوفه ای مبین آن است که احتمالاً کاربرد مویان با افزایش خاصیت آبدوستی میکوریزا منجر به فراهمی آب بیشتر در منطقه توسعه ریشه شده و این امر علاوه بر افزایش کارایی مصرف آب منجر به بهبود صفات کمی و کیفی علوفه در شرایط تنش خشکی شده است.

5. تعارض منافع

هیچ گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

6. منابع

- Bath, S.A., Thenua, O.V.S., Shivakumar, B.G., & Malik, J.K. (2005). Performance of summer green gram (*Vigna radiata* L.) Wilczek] as influenced by biofertilizer and phosphorus nutrition. *Haryana Journal of Agronomy*, 21, 203-205.
- Buxton, D. R. (1996). Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. *Animal Feed Science and Technology*, 59, 37-49.
- Cassida, K. (2012). Managing alfalfa during drought. *managing_alfalfa_during_drought*. <http://www.canr.msu.edu/news>.
- Cazzato, E., Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2012). Effects of harvest period, nitrogen fertilization and mycorrhizal fungus inoculation on triticale (*Triticosecale Wittmack*) forage yield and quality. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 27(4), 278-286. DOI: <https://doi.org/10.1515/ijafr-2018-0005>.
- Chaichi, M.R., Nurre, P., Slaven, J., & Rostamza, M. (2015). Surfactant application on yield and irrigation water use efficiency in corn under limited irrigation. *Crop Science. J*, 55, 386-393.
- Comaei, R., Sharifabadi, H., & Naserian, A. (2015).

- Jafarian, S. (2014). Study of the effect of low irrigation and hair on the qualitative and quantitative characteristics of alfalfa forage. Master's thesis of agricultural and natural resources campus, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj.
- Khalafallah, A. A., & Abo-Ghalia, H. H. (2008). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. *Journal of Applied Sciences Research*, 4(5), 559-569.
- Laha, S., Tansel, B., & Ussawarujikulchai, A. (2009). Surfactant-soil interactions during surfactant-amended remediation of contaminated soils by hydrophobic organic compounds. *J. Environ. Manage*, 90, 95-100.
- Liu, Y., Wu, Q., Ge, G., Han, G., & Jia, Y. J. (2018). Influence of drought stress on alfalfa yields and nutritional composition. *BMC Plant Biology*, 18(13). DOI 10.1186/s12870-017-1226-9.
- Maghami, R., Zahedi, M., & Gheysari, M. (2014). Effects of nitrogen application and irrigation water on grain yield and water use efficiency of safflower in Isfahan. *Journal of Plant Production and Processing*, 4(11), 1-13. (In Persian)
- Mehrvarz, S., Chaichi, M.R., Hashemi, M., & Parsinejad, M. (2013). Yield and growth response of Maize (*Zea Mays L. S. C.704*) to surfactant under limited irrigation. *Sci. J. Agron. Plant Breed*, 1(1), 41-51.
- Millar, N.S., & Bennett, A.E. (2016). Stressed out symbiotes: hypotheses for the influence of abiotic stress on arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia*, 182(3), 625-641. DOI: 10.1007/s00442-016-3673-7.
- Miller, M. H. (2000). Arbuscular mycorrhizae and the phosphorus nutrition of maize: A review of Guelph studies. *Canadian Journal of Plant Science*, 80, 47-52.
- Mirhadi, M. G. (2002). Maize. Agricultural Research, Education and Extension Organization Press. Tehran, Iran.
- Mirlohi, A., N. Bozorgvar & M. Bassiri. (2000). Effect of nitrogen rate on growth, forage yield and silage quality of three sorghum hybrids. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 4(2), 105-116. (In Persian)
- Moore, D., Kostka, S.J., Boerth, T.J., Franklin, M.A., Ritsema, C.J., Dekker, L.W., Oostindie, K., Stoof, C.R., & Wesseling, J.G. (2010). The effect of soil surfactants on soil hydrological behavior, the plant growth environment, irrigation efficiency and water conservation. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 58: 142-148. Doi:10.2478/v10098-010-0013-1.
- Nagarathna, T. K., Prasad, T. G., Bagyaraj, D. J., & Shadakshar, Y. G. (2007). Effect of arbuscular mycorrhiza and phosphorus levels on growth and water use efficiency in sunflower at different soil moisture status. *Journal of Agricultural Technology*, 3, 221-229.
- Ocampo, A. M. (2004). Integrated nutrient management in corn. *DAAIT NC Network*, 504.
- Olesen, J.E., Trnka, M., Kersebaum, K.C., Skjelvåg, A.O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., & Micale, F. (2011). Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy*, 34(2), 96-112. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.11.003>
- Pulter, R. E., Duff, A. A., & Bauer, B. (2009). Quantifying surfactant interaction effects on soil moisture and turf quality. Project Report. TU08034. Horticulture Australia Limited, 29.
- Santiago, F.E.M., Nóbrega, J.C.A., Santiago, F.L.A., Edvan, R.L., Nóbrega, R.S.A., & Moreira, F.M.S. (2017). Lime and phosphate application as mycorrhizae stimulation to enhance growth and yield of Marandu grass. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(4), 2323-2336.
- Shao, H.B., Chu, L.Y., Shao, M.A., Abdul Jaleel, C., & Hong-Mei, M., (2008). Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. *Comptes Rendus Biologies*, 331, 433-441. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2008.03.011>.
- Shoresh, M., Harman, G. E. & Mastouri, F. (2010). Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annu Reval further Phytopathol*, 48, 21-43.
- Sinaki, J.M., Heravan, E.M., Rad, A.H.S., Noormohammadi, G. h., & Ghasem, Z.G.H. (2007). The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus L.*) American-Eurasian. *Journal of Agriculture and Environment Science*, 2, 417-422.
- Smith, S.E., & Read, D. (2008). The symbionts forming Arbuscular mycorrhizas. In: S.E. Smith and D. Read (eds.), *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, New York. 13-41.
- Watson, C.A., Bengtsson, H., Ebbesvik, M., Loes, A-K., Myrbeck, A., Salomon, E., et al. (2002). A review of farm-scale nutrient budget for organic farm as a tool for management of soil fertility. *Soil Use and Management*, 18, 264-73.
- Weichenthal, B. A., Baltensperger, D. D., & Voge, K. P. (2004). Feed values for annual forages in Western Nebraska. <http://digitalcommons.unl.edu/animalscibcr/21>.

Yazdani, M., Bahmanyar, M. A., Pirdashti, H., & Esmaili, M. A. (2009). Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.). *Proceedings of World Academy of Sciences,*

Engineering and Technology, 2070-3740.
Zlatev, Z., & Lidon, F.C. (2012). An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. *Emir. J. Food Agriculture*, 24(1), 57-72.<http://ejfa.info>.