Archive of SID

نشریه زراعت دیم ایران دوره۵، شماره ۲، اسفند ۱۳۹۵

DOI: http://dx.doi.org/10.22092/idaj.2016.109668

برهمکنش همزیستی میکوریزایی و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و کیفیت علوفه و دانه گندم دیم در شرایط متغیر بارش انتهای فصل

محمود مظلومی‌ممیندی، علیرضا پیرزاد*، جلال جلیلیان

گروه زراعت، دانشکده کشاورزی،دانشگاه ارومیه، آذربایجان غربی، ایران

چکیده

تاثیر آبیاری تکمیلی بر همزیستی میکوریزایی گندم دیم رقم آذر۲ در زمان‌های متغیر آخرین بارندگی بهاره در یک آزمایش دوساله به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۳و ۱۳۹۴ در مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان‌غربی بررسی شد. تیمارهای آزمایش شامل زمان پایان بارندگی (۲۰ اردیبهشت، ۳ خرداد و ۱۷ خرداد)، همزیستی قارچ (شاهد و قارچ گونه *Glomus intraradices*) و آبیاری (دیم و یک نوبت آبیاری تکمیلی) بودند. نتایج نشان داد که همزیستی میکوریزایی تحت شرایط آبیاری تکمیلی باعث افزایش معنی‌دار کیفیت علوفه (فسفر و کلسیم) و دانه (فسفر) گندم نسبت به کشت دیم شد. بیشترین درصد پروتئین (۲۱/۹۸ درصد) و عملکرد دانه (۱۳۲۶/۵۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به آبیاری تکمیلی گیاهانی میکوریزایی بوده که آخرین بارندگی را به ترتیب در ۲۰ اردیبهشت و ۱۷ خرداد داشتند. به طور کلی کیفیت علوفه و دانه گندم در کشت دیم با یک نوبت آبیاری تکمیلی بهبود می‌یابد و رابطه میکوریزایی صرف‌نظر از زمان پایان بارندگی در میزان بهبود کیفیت و عملکرد دانه (در آبیاری تکمیلی تا ۱۵ درصد و در کشت دیم تا ۱۰ درصد) موثر بود. در نتیجه در شرایط کم‌آبی با مدیریت صحیح منابع آب و کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی و تقویت گیاه، می‌توان ضمن غنی‌سازی محصولات زراعی گامی مؤثر در راستای کشاورزی پایدار برداشت.

واژه‌های کلیدی: بارندگی انتهای فصل، پروتئین دانه، فسفر دانه، عملکرد

* نگارنده مسئول: *a.pirzad@urmia.ac.ir* تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۳

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

خشکی رشد گیاهان، توسعه و عملکرد آنها را در سرتاسر جهان محدود می‌سازد. به طوری که در اثر خشکی میانگین تولید گیاهی بیش از ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (Pei *et al.*, 2013). ایران به لحاظ قرارگرفتن در ناحیه خشک و نیمه‌خشک جهان از نزولات آسمانی محدودی برخوردار است. از ویژگی های این مناطق، تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و مرطوب با بارندگی‌های نامنظم می‌باشد. به علت کافی نبودن بارندگی در برخی از سال‌ها، سطوح چشمگیری از دیم‌زارها قابل برداشت نبوده و یا عملکرد بسیار کمی دارند، به طوری که میزان تولید کل گندم کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در مناطقی که میزان بارندگی برای رشد گیاه کافی باشد، ولی پراکنش باران متناسب با دوره رشد نباشد، عملکرد دانه به دلیل کمبود رطوبت به شدت کاهش خواهد یافت و حتی در شرایطی ممکن است کل محصول از بین برود. بنابراین در مناطقی که مقدار و پراکنش زمانی بارندگی نامناسب است، آبیاری تکمیلی برای تولید مطلوب گندم دیم قابل توصیه است (Oweis, 1997). در تحقیقاتی که در غرب آسیا و شمال آفریقا انجام گرفته، مقدار تولید محصول دیم در شرایط دیم وابستگی شدیدی به مقدار و نحوه پراکنش باران دارد و در مرحله پر شدن دانه گندم محصول زراعی دیم، به علت کاهش بارندگی و نحوه پراکنش آن با تنش خشکی مصادف می‌باشد. با توجه به این شرایط عملکرد محصول وکارایی آب عموماً پایین و متغییر می‌باشد (Oweis *et al.*, 1992) در شرایط نامطلوب بارندگی‌های آخر فصل رشد گندم با انجام آبیاری تکمیلی در مناطقی که محصول گندم دیم در مراحل حساس دوره رشد با تنش مواجه می‌باشد، می‌توان به عملکرد اقتصادی مناسبی دست یافت. طوری که با انجام آبیاری تکمیلی تولید محصول گندم دیم تا ۳۰ درصد افزایش می‌یابد (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۲). منظور از آبیاری تکمیلی، کاربرد مقدار محدودی آب در زمان توقف بارندگی و وقوع تنش کمبود آب (در اینجا خشکی آخر فصل رشد) است تا آب کافی برای تداوم رشد بوته‌ها و افزایش و ثبات عملکرد دانه تامین شود (Stone and Schlegel, 2006). انجام آبیاری تکمیلی می‌تواند به عملکردی پایدار و رضایت‌بخش در دیم‌زارها، بویژه گندم منجر شود. سیستم آبیاری تکمیلی معمولا در مناطقی با ۳۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر بارندگی سالیانه، به کار می‌رود (یعقوبیان و همکاران، ۱۳۹۲). مقدار و زمان آبیاری تکمیلی باید به صورتی برنامه‌ریزی شود که بتوان با کمترین مقدار آب قابل دسترس، به عملکرد بهینه و مطلوب دست یافت (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹). با قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد گندم، بیشترین کاهش عملکرد در مرحله سنبله‌دهی اتفاق افتاد (اسدپور و همکاران، ۱۳۸۵). گزارش بهداد و همکاران (۱۳۸۸) نشان می‌دهد که عملکرد دانه گندم با قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد، از ۱۳ تا ۶۱ درصد افت داشت.

همزیستی قارچ با ریشه گیاه یکی از مهمترین روابط متقابل مفید در اکوسیستم‌های زراعی است که اثرات مثبت آن بر رشد، فیزیولوژی و اکولوژی گیاهان مختلف اثبات شده است. بیشترین اثر سودآوری قارچ‌های میکوریزا بهبود وضع تغذیه گیاه میزبان بخصوص

www.SID.ir

Archive of SID

در جذب فسفر می‌باشد (آقابابائی و همکاران، ۱۳۹۰). روابط قارچ-ریشه‌ای گیاه می‌تواند تعادل آبی گیاهان را در شرایط فاریاب و در تنش خشکی تحت تأثیر قرار دهد (Habibzadeh *et al.,* 2015). اصلاح روابط آبی گیاه توسط قارچ‌های میکوریزا می‌تواند به واسطه افزایش هدایت روزنه‌ای و تعرق، تعادل هورمونی، افزایش سریع جذب آب و رساندن پتانسیل آب گیاه به حد تعادل، جذب بیشتر آب به‌واسطه هیف‌ها و خاکدانه‌سازی تحت تأثیر قرار گیرد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰). ارزیابی رشد و عملکرد ماش در همزیستی با گونه *G. mosseae* نشان می‌دهد که عملکرد دانه در مقایسه با گیاهان غیرهمزیست به میزان ۶۶ درصد افزایش می‌یابد (Habibzadeh *et al.,* 2015). علت افزایش عملکرد محصول در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا تعادل آبی آنها در شرایط تنش خشکی و در نتیجه جذب بیشتر آب و عناصر غذایی معدنی می‌باشد (حبیب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). هیف‌های این قارچ-ها به مناطقی از خاک نفوذ می‌کنند که ریشه قادر به حضور در این مناطق نیست، لذا با این شرایط سبب افزایش سطح تبادلات مواد غذایی معدنی و آب با ترکیبات محلول خاک می‌شوند، همچنین هیف‌های قارچ سبب افزایش سطح جذب می‌شوند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

با توجه به زمان متغیر پایان بارندگی‌های بهاره در سال‌های مختلف، و تأثیر متفاوت آن بر رشد و عملکرد گندم، میزان و زمان مناسب آبیاری تکمیلی در جبران خسارت تنش بستگی به زمان اتمام بارندگی‌ها متفاوت است. از طرف دیگر بخشی از خسارت ناشی از کمبود آب آخر فصل رشد گندم می‌تواند با مکانیسم همزیستی میکوریزایی جبران شود. بنابراین به‌دست آوردن سودمندی آبیاری تکمیلی در شرایط دیم با توجه به زمان آخرین بارندگی بهاره در گیاهان گندم میکوریزایی و غیرمیکوریزایی از اهداف اصلی این پژوهش می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش دو ساله در ایستگاه ساعتلو مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان‌غربی، واقع در ۲۷ کیلومتری شهرستان ارومیه (عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۵ درجه شرقی و با ارتفاع ۱۳۲۹ متر از سطح دریا) در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل زمان پایان بارندگی در سه سطح (۲۰ اردیبهشت، ۳ خرداد و ۱۷ خرداد) و همزیستی قارچ در دو سطح (شاهد و همریستی با گونه *G. intraradices*) در دو شرایط آبیاری تکمیلی (به روش آبیاری بارانی و در مرحله ظهور ۶۰ درصد سنبلچه‌های گندم) و کشت دیم بودند. بذور گندم پائیزه رقم آذر۲ از مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان غربی تهیه شد. بذور در عمق سه سانتی‌متری خاک مزرعه با شیب ۴ درصد و بصورت ردیفی به فواصل ۱۵ سانتی‌متر، در کرت‌هایی به ابعاد ۴ در ۴/۵ متر در دهه اول آبان هر دو سال کاشته شدند. بذور با تراکم ۳۸۰ بوته در مترمربع در روی ردیف‌ها به صورت شیاری (فرنیا و همکاران، ۱۳۹۳) به میزان ۱۰۰ گرم در مترمربع کاشته شدند. مایه تلقیح مایکوریزا شامل *G. intraradices* (تهیه شده از گروه گیاهپزشکی دانشگاه ارومیه، دکتر یونس رضایی

www.SID.ir

Archive of SID

دانش) در داخل شیارهای کاشت قرار گرفت (Jaderlund *et al.*, 2008). عملیات مبارزه با علف‌های هرز بصورت شیمیایی با علف‌کش 2,4-D به میزان یک لیتر در هکتار انجام گرفت. کود نیتروژن به مقدار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۶۰ کیلوگرم موقع کاشت و بقیه به صورت سرک در مرحله پنجه‌زنی)، و کود فسفر به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (قبل از کاشت به صورت سوپرفسفات تریپل) به مزرعه اضافه شدند. میزان بارندگی ماهیانه از زمان کاشت (پاییز سال قبل) تا آخرین روز بارندگی براساس تیمارهای آزمایش در جدول۱ ارایه شده است.

جدول ۱- میزان بارندگی فصلی دو سال آزمایش

زمان	متوسط بارندگی (میلی‌متر)	رطوبت نسبی (درصد)		کمترین دما (سانتی‌گراد)	بیشترین دما (سانتی‌گراد)
		کمینه	بیشینه		
مهر۹۲	۰/۲	۴۵/۲	۸۴	۰	۲۸
آبان۹۲	۴۷/۸	۴۵/۹	۸۵	−۱	۱۸/۱
آذر۹۲	۵۷/۳	۴۵	۷۹/۷	−۱۴/۸	−۱۵/۸
دی ۹۲	۱۵/۳	۴۷/۲	۸۶/۷۴	−۱۷/۶	۹/۲
بهمن۹۲	۳۵	۴۹/۳	۸۵/۸۱	−۱۲/۸	۱۳/۶
اسفند۹۲	۲۵/۹	۴۵/۶	۸۵/۷۹	−۴/۲	۱۸/۸
فروردین ۹۳	۵۵/۶	۳۰/۲۴	۷۹/۲۴	−۶	۲۴
اردیبهشت۹۳	۳۵/۵	۲۸/۶۲	۸۱/۱۳	۵/۲	۲۸/۲
خرداد ۹۳	۲۴/۱	۳۱/۱۷	۸۰/۱۷	۸/۴	۳۵
تیر ۹۳	۰	۲۲/۳۲	۶۳/۷۴	۱۱/۸	۳۹
مرداد۹۳	۰	۱۹/۹۷	۶۱/۳۹	۱۰/۶	۳۷
شهریور۹۳	۰/۳	۲۰/۳۸	۶۷/۱۲	۵/۸	۳۱/۴
مهر ۹۳	۱۶۲/۴	۵۳/۷۴	۸۹/۷۱	−۱	۲۹/۶
آبان۹۳	۱۶/۹	۵۵/۲۱	۹۱/۱	−۵/۸	۱۸/۲
آذر۹۳	۲۱	۵۴/۱۸	۹۲/۲۴	−۴/۴	۱۱/۸
دی ۹۳	۰/۹	۴۳/۸۱	۸۹/۳۱	−۱۱	۱۲
بهمن۹۳	۱۳	۴۱/۷۸	۸۴/۷۸	−۷/۴	۱۵
اسفند۹۳	۳۳/۴	۳۹/۹۲	۸۶/۹۳	−۸/۴	۱۶/۶
فروردین ۹۴	۱۵/۸	۳۰/۲۱	۷۹/۴۴	−۳/۶	۲۶
اردیبهشت۹۴	۴۳/۱	۲۶/۳۹	۷۳/۴۹	۰/۴	۲۹
خرداد۹۴	۶/۴	۲۸/۱۹	۷۵/۹۲	۷/۶	۳۳/۴
تیر ۹۴	۰	۲۲/۷۹	۷۱/۹۴	۱۰/۶	۳۹/۹
مرداد۹۴	۰	۲۴/۸۱	۶۷/۸۱	۱۲/۶	۳۸/۲
شهریور۹۴	۳/۶	۲۱/۴۹	۶۳/۵۹	۱۲/۷	۲۸/۷

www.SID.ir

Archive of SID

برای اینکه ادامه بارندگی‌ها بر روی تیمارهای آخرین بارندگی در ۲۰ اردیبهشت و ۳ خرداد تاثیر نداشته باشد، حفاظهایی در برابر باران (شلترهایی) بر روی این واحدهای آزمایشی با توجه به پیش‌بینی سازمان هواشناسی قرار داده شد. مقدار آب آبیاری تکمیلی براساس درصد رطوبت خاک و رساندن آن به ظرفیت زراعی با استفاده از رابطه زیر محاسبه و به خاک مزرعه اضافه شد (Benami and Ofen, 1984):

$$VN = [(FC - WP) \times BD \times D \times (1 - ASM) \times A]/100$$

دراین رابطه، FC، درصد وزنی رطوبت درحد ظرفیت مزرعه‌ای، WP، درصد وزنی رطوبت در نقطه پژمردگی، BD، جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب)، D، عمق توسعهٔ ریشه (متر)، ASM، رطوبت خاک مزرعه در زمان قبل از آبیاری، و A ، مساحت هر کرت (مترمربع) می‌باشد. برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

برای اندازه‌گیری کیفیت علوفه، کل بخش هوایی گندم در مرحله شیری دانه با حذف حاشیه از هر طرف از مساحت یک مترمربع از هر کرت از سطح زمین کف بر شده و به‌صورت مخلوط برداشت شد. نمونه‌های مربوط به هر تکرار بصورت مجزا در سایه خشک و آسیاب شدند. سپس به آزمایشگاه ممتاز دامپزشکی استان آذربایجان‌غربی منتقل و میزان رطوبت، خاکستر، پروتئین و کلسیم آنها اندازه‌گیری شد. تجزیه عناصر طبق استاندارد A.O.A.C به روش هضم‌تر با استفاده از اسیدهای نیتریک، کلریدیک و پرکلریدیک صورت گرفت (Association of Official Analytical Chemists, 2005). برای اندازه‌گیری میزان فسفر دانه و علوفه از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل GEN way 630 ساخت ژاپن و برای اندازه‌گیری میزان پتاسیم، خاکستر و سایر عناصر از دستگاه جذب اتمی مدل GBC 932 plus AB ساخت ژاپن استفاده گردید. رطوبت علوفه توسط دستگاه رطوبت‌سنج مدل Sortorius ساخت آلمان اندازه‌گیری شد.

جدول ۲ –نتایج تجزیه خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش.

هدایت الکتریکی	اسیدیته	کربن آلی	فسفر	پتاسیم	شن	رس	سیلت	بافت خاک
dS/m	pH	(%)	mg/kg		(%)			
۰/۶۲۴	۷/۸۰	۱/۰۸	۸	۴۱۰	۱۲	۴۲	۴۶	لومی رسی

اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه و برگ، توسط دستگاه کجدال مدل Vapodest 20 ساخت آلمان اندازه‌گیری شد (Bremner and Mulvaney, 1982). درصد پروتئین از حاصل ضرب نیتروژن در عدد ۶/۲۵ به دست می‌آید (Rossi *et al.*, 2004).

(۱) درصد نیتروژن = {وزن نمونه/ (۰/۰۰۰۱۴ × مقدار اسید مصرف شده در تیتراسیون)} × ۱۰۰

(۲) درصد پروتئین = درصد نیتروژن × ۶/۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 انجام گردید. میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

خاکستر علوفه: اثر متقابل سه جانبه فاکتورهای آزمایش (سال × قارچ میکوریزا × آبیاری تکمیلی) بر میزان خاکستر علوفه معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های دوساله آزمایش نشان داد که بیشترین مقدار خاکستر علوفه (۱۰/۳۳ درصد) از تیمار میکوریزا و آبیاری تکمیلی در سال دوم بدست آمد. با این حال گیاهان (همزیست و غیر همزیست) در سال اول تحت شرایط کشت دیم خاکستر علوفه کمتری داشتند (شکل ۱-الف).

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات آبیاری تکمیلی و همزیستی قارچ مایکوریزای گونه *G. intraradices* بر کیفیت و عملکرد علوفه گندم در شرایط متفاوت دیم

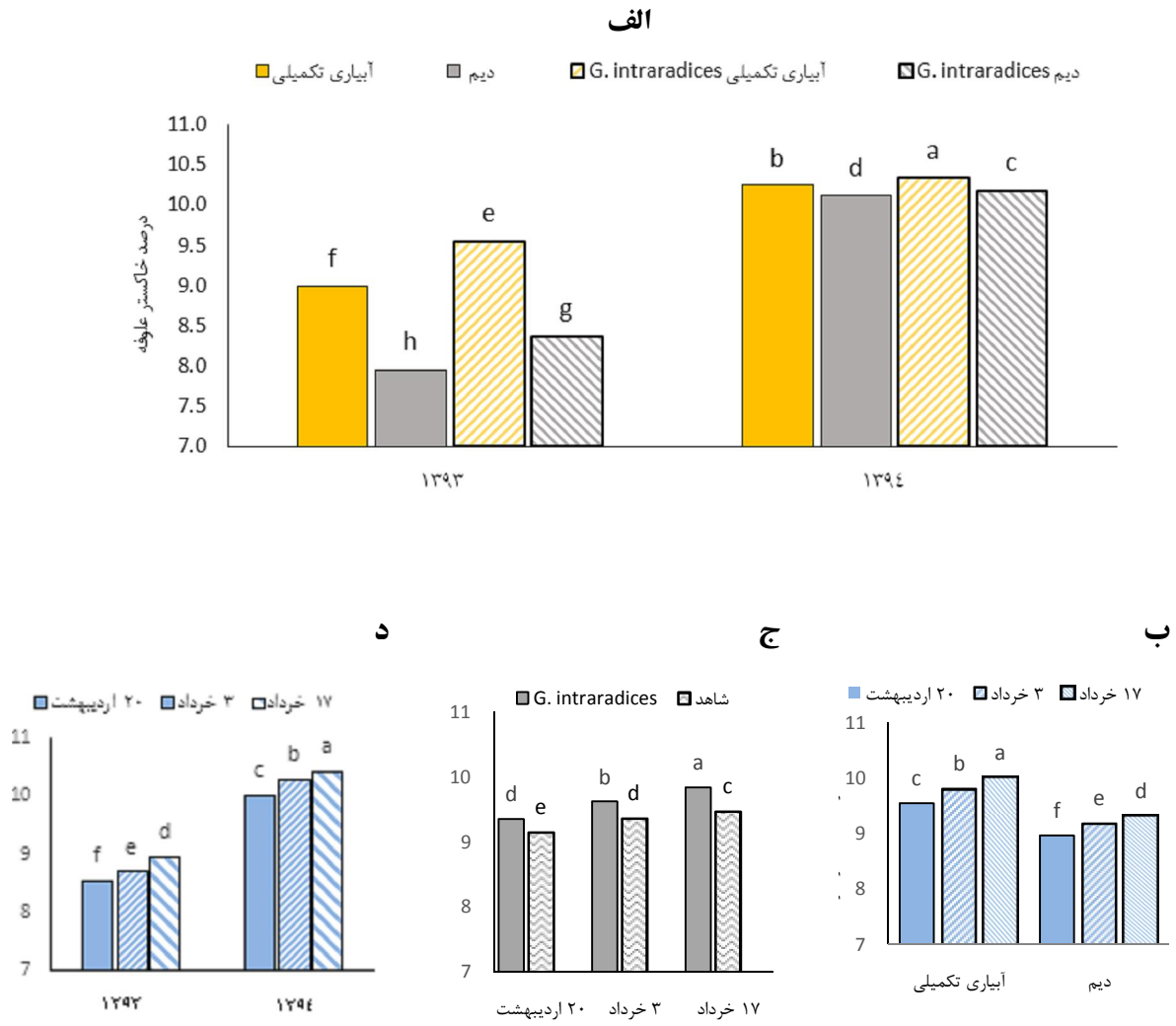
منابع تغییر	درجه آزادی	خاکستر علوفه	کلسیم علوفه	فسفر علوفه	پروتئین علوفه	عملکرد علوفه
سال (Y)	۱	۴۰/۵۳**	۰/۱۱**	۰/۰۰۴**	۰/۳۰**	۱۱۳۱۳۰۸/۸۲**
تکرار در سال	۴	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۳**	۲۶۸۲/۹۲^{ns}
پایان بارندگی (RI)	۲	۰/۹۹**	۰/۰۴**	۰/۰۱**	۳/۲۴**	۷۰۹۰۹/۶۶**
میکوریزا (M)	۱	۱/۳۷**	۰/۱۲**	۰/۰۸**	۱۲/۹۲**	۲۰۴۹۸۹/۹۱**
آبیاری تکمیلی (SI)	۱	۷/۱۳**	۰/۰۳**	۰/۰۱**	۰/۰۶**	۴۹۱۵۸۵/۷۰**
Y×RI	۲	۰/۰۲**	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۶*	۰/۶۹**	۴۹۹۸/۶۱^{ns}
Y×M	۱	۰/۷۹**	۰/۰۷**	۰/۰۵**	۸/۱۲**	۶۲۶/۱۰^{ns}
Y×SI	۱	۴/۱۲**	۰/۰۱**	۰/۰۱**	۰/۰۴**	۱۵۳۸/۲۷^{ns}
RI ×M	۲	۰/۰۴**	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۳۹۵۸/۴۸^{ns}
Y×RI × M	۲	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۶/۹۰^{ns}
SI × RI	۲	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۳**	۷۰۶۳/۶۲^{ns}
SI × RI × Y	۲	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۲*	۵/۳۲^{ns}
SI × M	۱	۰/۰۲**	۰/۰۰۰۵*	۰/۰۰۰۸*	۲/۵۵**	۳۶۱۱/۶۵^{ns}
SI × M × Y	۱	۰/۰۱*	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۵^{ns}	۱/۶۰**	۱۰/۴۲^{ns}
SI × M × RI	۲	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۸۶^{ns}	۰/۰۰۷^{ns}	۷۵۴۶/۲۱^{ns}
SI × M × RI × Y	۲	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۱۸/۸۴^{ns}
اشتباه آزمایشی	۴۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۴	۲۸۵۱/۸۲
ضریب تغییرات (٪)		۰/۵۸	۱/۲	۵/۱۴	۰/۶۵	۲/۴۲

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش پاسخ گیاه به آبیاری تکمیلی بسته به زمان قطع بارندگی از نظر خاکستر علوفه متفاوت بود. هر چند در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی با ادامه بارندگی تا ۱۷ خرداد خاکستر علوفه افزایش معنی‌داری پیدا کرده است. با این حال مقادیر خاکستر علوفه در آبیاری تکمیلی در کلیه سطوح بارندگی بیشتر بود. به طوری که بیشترین خاکستر علوفه (۱۰ درصد) در آبیاری تکمیلی در شرایطی که بارندگی تا ۱۷ خرداد ادامه داشت، بدست آمد و کمترین خاکستر علوفه (۸/۹۶ درصد) مربوط به کشت دیم که بارندگی فقط تا ۲۰ اردیبهشت ادامه داشت، مشاهد شد (شکل ۱- ب).

مقایسه میانگین نتایج نشان داد که گیاهان همزیست با میکوریزا با وجود بارندگی تا ۳ و ۲۰ خرداد دارای بیشترین مقدار خاکستر علوفه (۹/۸۴ درصد) را دارا بودند. در صورتی که کمترین (۹/۱۵ درصد) آن از تیمار قطع بارندگی تا ۲۰ اردیبهشت مشاهد شد (شکل ۱- ج).



شکل ۱- مقایسه میانگین خاکستر علوفه تحت تاثیر برهمکنش‌های سال × میکوریزا × آبیاری تکمیلی (الف)، پایان بارندگی × آبیاری (ب)، پایان بارندگی × میکوریزا (ج) و سال × پایان بارندگی (د)
حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

www.SID.ir

Archive of SID

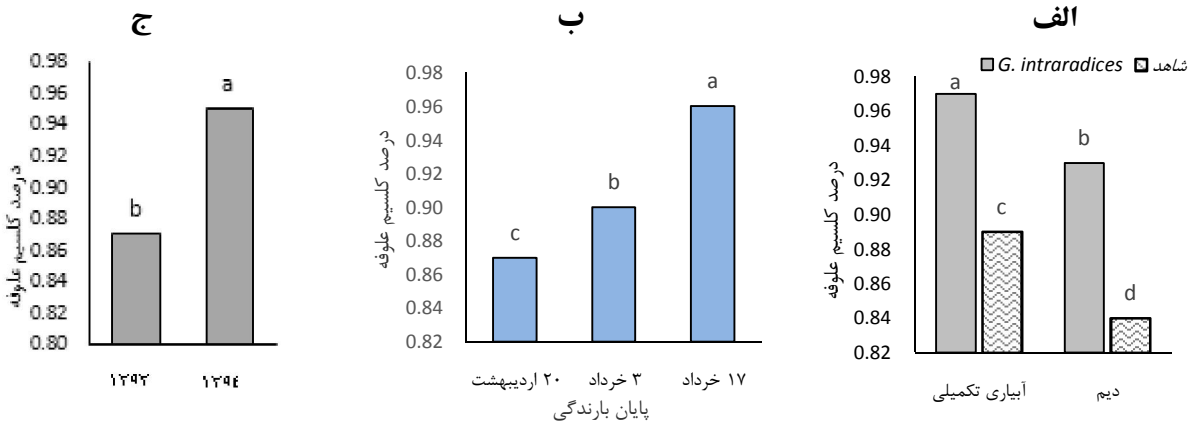
میزان خاکستر علوفه با ادامه وقوع بارندگی تا ۱۷خرداد افزایش پیدا کرده است. با این حال مقادیر خاکستر علوفه در سال دوم (۱۳۹۴) در کلیه سطوح بارندگی بیشتر بود. یعنی بیشترین خاکستر علوفه (۱۰/۳۹ درصد) در شرایطی که بارندگی تا ۱۷ خرداد ادامه داشت، از سال دوم به‌دست آمد، ولی کمترین خاکستر علوفه (۸/۵۲ درصد) در پایان زود هنگام بارندگی (۲۰ اردیبهشت) در سال اول مشاهده شد (شکل ۱- د). به نظر می‌رسد همزیستی میکوریزایی و همچنین بهبود شرایط آبیاری در دو سال متوالی باعث جذب بهتر عناصر غذایی و افزایش خاکستر در سال دوم (به ویژه در شرایطی که بارندگی‌ها تا اواسط خرداد ادامه داشته است) شده است. درصد خاکستر بیانگر مقدار مواد معدنی موجود در بافت‌های گیاهی بود و جذب این مواد توسط ریشه در شرایط کم آبی کاهش می‌یابد، در نتیجه کاهش درصد خاکستر علوفه در این شرایط بسیار محتمل است. کاهش درصد خاکستر علوفه در شرایط تنش خشکی توسط سایر محققان در گیاه ارزن علوفه‌ای نیز گزارش شده است (رهبری و همکاران، ۱۳۹۳). بطوری که قارچ‌های میکوریزا قادر هستند اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل نمایند (Copetta *et al.*, 2006). نتایج تحقیقات بر روی ماش سبز در گیاهان میکوریزایی و غیرمیکوریزایی در شرایط تنش رطوبتی نشان داده است که هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه‌های گیاهان میکوریزایی بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزایی است که این امر در اثر افزایش سطح ریشه و یا طول ریشه‌های میکوریزایی می‌باشد (حبیب زاده وهمکاران، ۱۳۹۲). همچنین هدایت آبی در واحد طول ریشه ۲ تا ۳ برابر افزایش نشان می‌دهد. قارچ میکوریزا ارتباط آب با گیاه میزبان را بوسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق، کاهش مقاومت روزنه‌ای بوسیله‌ی تغییر در تعادل هورمونه‌ای گیاهی بهبود می‌بخشد (Ortas *et al.*, 2011)

کلسیم علوفه: برهمکنش معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) بین آبیاری تکمیلی و همزیستی با قارچ بر روی کلسیم علوفه (جدول ۳)، منجر به تولید علوفه با بیشترین مقدار کلسیم (۰/۹۷درصد) در گیاهان میکوریزایی در آبیاری تکمیلی گردید. بطوری که کمترین مقدار کلسیم علوفه (۰/۸۴ درصد) نیز مربوط به گیاهان غیرمیکوریزایی کشت دیم بود. با این وجود، در هر دو سیستم کاشت دیم و آبیاری تکمیلی گیاهان میکوریزای کلسیم علوفه بالاتری داشتند (شکل ۲- الف). همچنین مقایسه نتایج دوساله حکایت از آن داشت که میزان کلسیم علوفه در ۲۰ اردیبهشت و ۳ و ۱۷ خرداد به ترتیب ۰/۸۷، ۰/۹۰ و ۰/۹۶ درصد بود (شکل۲ - ب). به این ترتیب که با ادامه وقوع بارندگی بهاره درصد کلسیم علوفه افزایش نشان داد. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، نشان دهنده درصد بالاتر کلسیم علوفه در سال دوم (۰/۹۵ درصد) نسبت به سال اول (۰/۸۷ درصد) بود (شکل۲- ج). قارچ میکوریز به ویژه در شرایطی که گیاهان زراعی از نظر تغذیه‌ای دچار تنش شده‌اند، ابزاری کارآمد در افزایش دسترسی به عناصر غذایی به شمار می‌رود. بهبود انتقال عناصر غذایی به بافت گیاه از طریق افزایش سطح جذب ریشه‌ها توسط گسترش میسلیوم‌های قارچ به فضای خارج فرا ریشه‌ای خاک صورت می‌گیرد که به افزایش میزان جذب فسفر، نیتروژن، گوگرد، پتاسیم، کلسیم، روی، آهن، مس و انتقال آب منجر خواهد شد (Boomsma and Vyn,

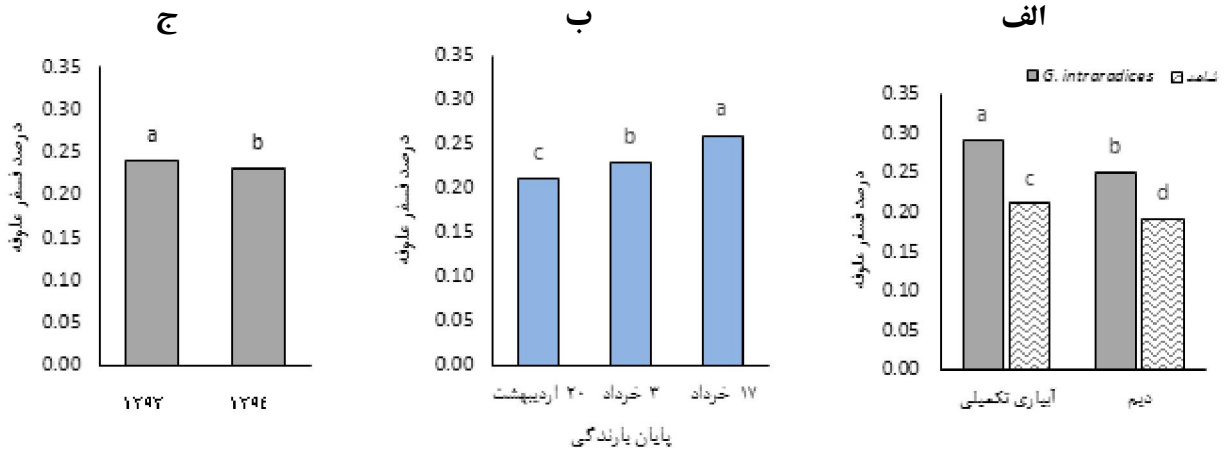
www.SID.ir

Archive of SID

2008) و این امر به طور عمده از طریق افزایش جذب و انتقال یون‌های عناصر غذایی که در شرایط عدم حضور قارچ‌های میکوریزی به آرامی انتشار می‌یابند صورت می‌گیرد (Subramanian *et al.*, 2008). در تحقیقی دیگر مشخص شد که کاربرد قارچ میکوریزی تأثیر معنی‌داری بر افزایش میزان کلسیم برگ‌های گندم داشت (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین کلسیم علوفه تحت تاثیر برهمکنش میکوریزا × آبیاری (الف)، پایان بارندگی (ب) و سال (ج).
حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد



شکل ۳- مقایسه میانگین فسفر علوفه تحت تاثیر برهمکنش میکوریزا × آبیاری (الف)، پایان بارندگی (ب) و سال (ج).
حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

فسفر علوفه: اثر متقابل معنی‌دار مقادیر متفاوت فسفر علوفه گیاهان میکوریزایی در کشت دیم نسبت به آبیاری تکمیلی نشان دهنده اثر متقابل معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۵) بین آبیاری تکمیلی و همزیستی با قارچ میکوریزا (*G. intraradices*) است (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط انجام آبیاری تکمیلی گیاهان میکوریزایی دارای بیشترین مقدار فسفر علوفه (۰/۲۹ درصد) بودند. بطوری که

www.SID.ir

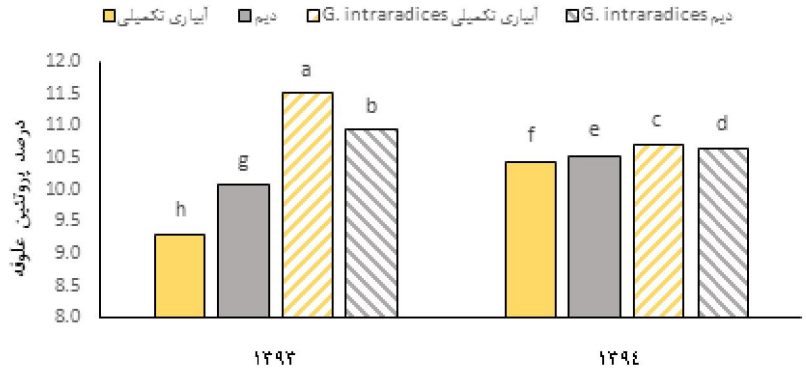
Archive of SID

در هر دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی، فسفر علوفه گیاهان میکوریزایی بیشتر بود (شکل ۳- الف). نتایج نشان داد با ادامه بارندگی‌ها تا ۱۷ خرداد به تدریج مقادیر فسفر علوفه به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است. بطوری که بیشترین فسفر علوفه (۰/۲۶ درصد) در شرایطی که بارندگی تا ۱۷ خرداد ادامه داشت، به‌دست آمد (شکل ۳- ب).

قابلیت بالاتر جذب و تجمع فسفر در شرایط تامین مناسب آب (در تحقیق حاضر ادامه بارندگی‌ها) می‌تواند منجر به افزایش فسفر برگی شود (حبیب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین مشخص شد که علوفه گندم در سال اول آزمایش از درصد فسفر بیشتری در مقایسه با سال دوم برخوردار بودند(جدول ۳).

متوسط درصد فسفر در علوفه گندم در سال اول آزمایش ۰/۲۴ درصد و در سال دوم آزمایش ۰/۲۳ درصد بود (شکل ۳- ج). غلظت فسفر در هر واحد برگ گیاهان همزیست با میکوریزا بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزایی می‌باشد، چرا که گیاه میکوریزایی بهتر از گیاهان غیرمیکوریزایی قادر به دسترسی به فسفر از خاک خشک بود (Neumann and George, 2004). همچنین گزارش شده که گیاهان میکوریزایی (ذرت علوفه‌ای) در مقایسه با شاهد رشد بیشتری داشتند و بنابراین از نظر ذخیره N.P.K (بدلیل قدرت جذب بالاتر) غنی‌تر بودند (امیرآبادی و همکاران، ۱۳۸۸).

پروتئین علوفه: اثر متقابل سال × میکوریزا × آبیاری تکمیلی بر پروتئین علوفه گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط آبیاری تکمیلی گیاهان میکوریزیی دارای بیشترین مقدار پروتئین علوفه (۱۱/۴۹ درصد) را در سال اول داشتند. بطوری که در هر دو سیستم دیم و آبیاری تکمیلی، پروتئین علوفه گیاهان میکوریزایی بیشتر بود (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میانگین پروتئین علوفه تحت تاثیر برهمکنش سال × میکوریزا × آبیاری.

حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

اثر متقابل زمان آخرین بارندگی × آبیاری تکمیلی بر پروتئین علوفه گندم در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). طوری که در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی با ادامه بارندگی‌ها تا ۱۷ خرداد به تدریج مقادیر پروتئین علوفه به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است. مقادیر پروتئین علوفه گندم در آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم کاهش نشان داد. زمانیکه اتمام بارندگی ۲۰

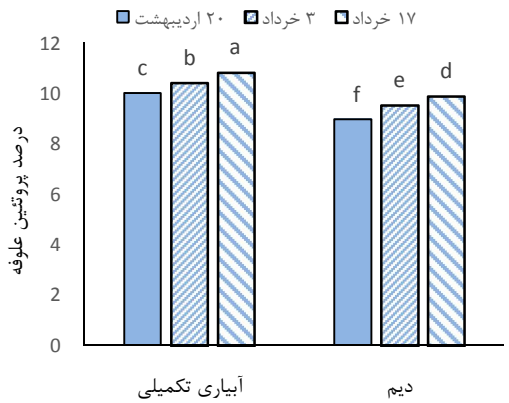
www.SID.ir

Archive of SID

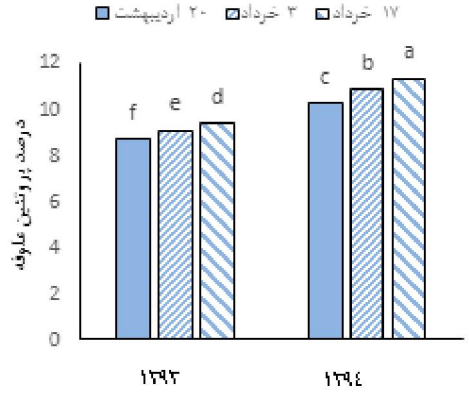
اردیبهشت اتفاق افتاده باشد، آبیاری تکمیلی تغییری در پروتئین علوفه نمی‌دهد، ولی در شرایطی که ادامه بارندگی‌های بهاره تا ۳ و ۱۷ خرداد موجب کاهش میزان پروتئین علوفه شده است. به طوری‌که کمترین مقدار پروتئین علوفه (۱۰/۱۶ درصد) مربوط به گیاهان آبیاری شده پس از بارندگی‌های ۱۷ خرداد می‌باشد (شکل ۵- الف).

نتایج مقایسه میانگین دو ساله داده‌ها نشان داد که میزان پروتئین علوفه با ادامه وقوع بارندگی تا ۱۷ خرداد به طورمعنی‌داری کاهش پیدا کرده است. به طوری که بیشترین پروتئین علوفه (۱۱/۱۸ درصد) در شرایطی که بارندگی تا ۲۰ اردیبهشت ادامه داشت، از سال دوم به‌دست آمد. با این حال مقادیر پروتئین علوفه در سال دوم در کلیه سطوح بارندگی بیشتر بود (شکل ۵- ب). در مطالعه عکس‌العمل فیزیولوژیک گندم به کاربرد قارچ میکوریزا نتایج نشان داده که قارچ میکوریزا موجب افزایش میزان نیتروژن، پروتئین، کربوهیدارت و کل پروتئین‌های محلول در دانه و ساقه شده است. علاوه بر موارد فوق در کاهش تنش خشکی توسط قارچ‌های میکوریزا، وجود شبکه گسترده میسلیوم‌های قارچ به عنوان ادامه سیستم ریشه‌ای گیاه میزبان امکان جذب آب و مواد غذایی را از مناطق دور از دسترس گیاه فراهم می‌سازد (Smith and Read, 2008).

الف



ب



شکل ۵ - مقایسه میانگین پروتئین علوفه تحت تاثیر برهمکنش پایان بارندگی × آبیاری (الف) و پایان بارندگی × سال (ب).
حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

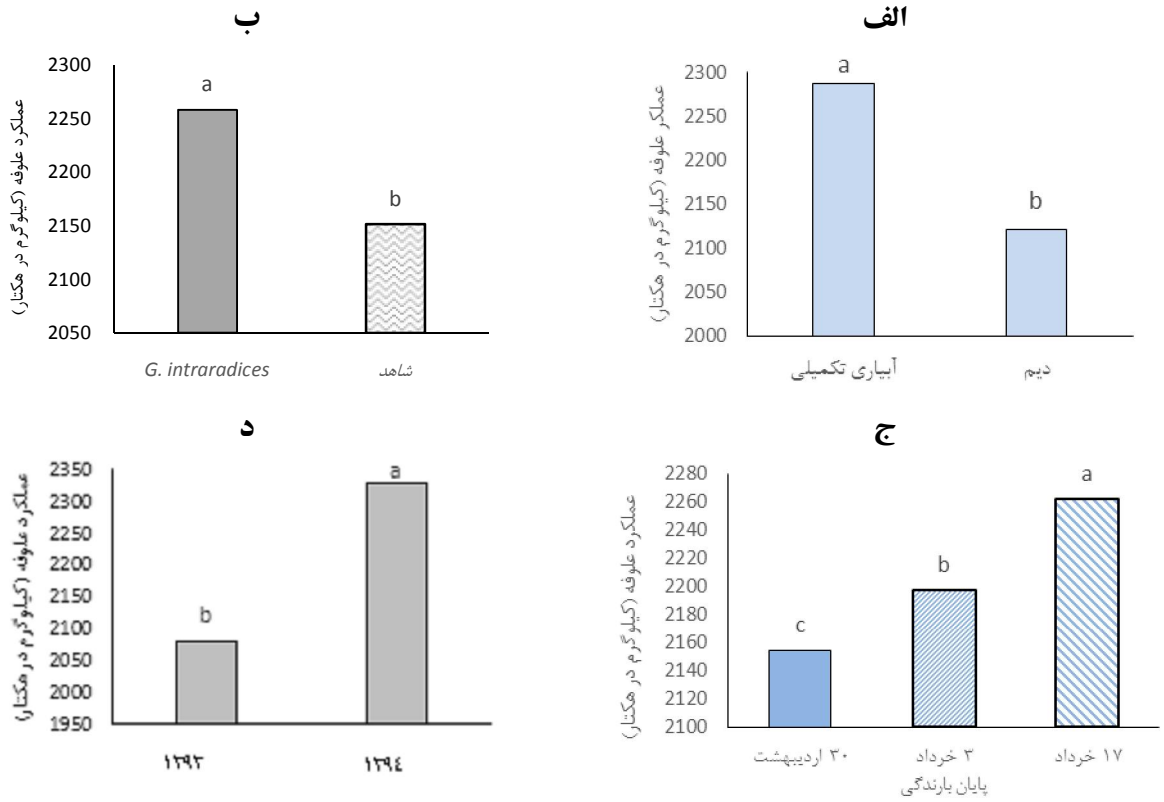
عملکرد علوفه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد تاثیر تیمارهای قطع بارندگی، همزیستی با میکوریزایی و آبیاری تکمیلی بر روی عملکرد علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود با این حال هیچ یک از اثرات متقابل (برهمکنش) در رابطه با این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۳). مقایسه میانگین نتایج دوساله نشان داد که گیاه گندم در شرایط انجام آبیاری تکمیلی دارای بیشترین میزان عملکرد علوفه (۲۱۸۷/۳۱ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود. در حالی کشت دیم درصد علوفه کمتری نسبت به آبیاری تکمیلی داشت (شکل ۶- الف). همچنین نتایج نشان داد که همزیست با میکوریزا باعث افزایش عملکرد علوفه گندم نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی شد. طوری که کمترین مقدار عملکرد علوفه

www.SID.ir

Archive of SID

(۲۱۵۱/۳۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به گیاهان غیرهمزیست با میکوریزایی بود (شکل ۶- ب).

طبق نتایج حاصل با ادامه بارندگی‌ها تا ۱۷ خرداد به تدریج مقادیر عملکرد علوفه گندم به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده، و بیشترین مقدار علوفه (۲۲۶۲/۴۴ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرده است. این مقدار عملکرد علوفه نسبت به زمانیکه اتمام بارندگی ۲۰ اردیبهشت و سوم خرداد اتفاق افتاده باشد، تا ۵ درصد برتری نشان داد (شکل ۶- ج). همچنین نتایج نشان داد که گیاه گندم در سال دوم آزمایش، از عملکرد علوفه بیشتری در مقایسه با سال اول برخوردار بود. متوسط عملکرد علوفه گندم در سال اول آزمایش ۲۰۷۹/۳۳ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم آزمایش ۲۳۳۰/۰۳ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۶- د).



شکل ۶ - مقایسه میانگین عملکرد علوفه تحت تاثیر آبیاری تکمیلی (الف)، همزیستی میکوریزایی (ب)، پایان بارندگی (ج) و سال (د). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

به نظر می‌رسد برتری نسبی عملکرد (کمی و کیفی) در سال دوم آزمایش در گیاهان میکوریزایی و حتی گیاهان شاهد، اجرای آزمایش در سال قبل باشد که کلیه عملیات کاشت و مراقبت از گیاه را تحت کنترل درمی‌آورد و باعث رشد بهتر گیاه در سال دوم (به ویژه در شرایطی که بارندگی‌ها تا اواسط خرداد ادامه داشته است) می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داده است که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر داشته، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آنها، وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش یافت (حبیبی و

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران، ۱۳۹۲). در مطالعه‌ای که بر روی امکان بهبود تحمل به خشکی ذرت با استفاده از همزیستی میکوریزی صورت گرفت، بومسما و وین (۲۰۰۸) بیان داشتند که رابطه همزیستی میکوریزی و ریشه گیاه ذرت به میزان قابل توجهی به رشد و تغذیه گیاه کمک می‌کند و باعث افزایش عملکرد علوفه ذرت می‌گردد. آنان علت این امر را به دلیل افزایش غلظت آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش فتوسنتز گیاه که منجر به ساخته شدن مواد فتوسنتزی بیشتری می‌شود، نسبت دادند.

عملکرد و کیفیت دانه

پتاسیم دانه: برهمکنش معنی‌دار سال × آبیاری تکمیلی × همزیستی با قارچ میکوریزا نشان می‌دهد که پاسخ گیاه به آبیاری تکمیلی بسته به سال کشت در گیاهان میکوریزایی متفاوت است (جدول ۴).

جدول ۴- تجزیه واریانس اثرات آبیاری تکمیلی و همزیستی قارچ مایکوریزای گونه *G. intraradices* بر عناصر غذایی و عملکرد دانه گندم در شرایط متفاوت دیم

منابع تغییر	درجه آزادی	پتاسیم دانه	فسفر دانه	پروتئین دانه	عملکرد دانه
سال (Y)	۱	۰/۰۹**	۰/۱۰**	۷۸/۶۷**	۳۱۸۱۵۴/۶۶**
تکرار در سال	۴	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۷*	۰/۰۷^{ns}	۱۵۰۹/۸۹^{ns}
پایان بارندگی (RI)	۲	۰/۰۵**	۰/۰۶**	۲۵/۰۹**	۵۰۶۸۷/۰۲**
میکوریزا (M)	۱	۰/۰۲**	۰/۶۲**	۷۹/۴۷**	۱۷۰۵۷۴/۷۲**
آبیاری تکمیلی (SI)	۱	۰/۰۲**	۰/۱۳**	۳۰۹/۱۳**	۴۰۸۴۶۰/۳۶**
Y×RI	۲	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۴**	۰/۵۰*	۱۸۹۹/۱۲^{ns}
Y×M	۱	۰/۰۱**	۰/۰۰۳**	۰/۲۹^{ns}	۵۲۵/۰۹^{ns}
Y×SI	۱	۰/۰۱**	۰/۰۰۰۷^{ns}	۱/۱۶**	۱۲۴۶/۸۳^{ns}
RI ×M	۲	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۸*	۰/۷۷**	۴۵۰۱/۱۷^{ns}
Y×RI × M	۲	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۸/۳۴^{ns}
SI × RI	۲	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱*	۱/۹۵**	۸۷۵۲/۴۲**
SI × RI × Y	۲	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۱۰/۲۸^{ns}
SI × M	۱	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۱**	۰/۴۸*	۷۴۷/۸۱^{ns}
SI × M × Y	۱	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۱/۰۴^{ns}
SI × M × RI	۲	۰/۰۰۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۰۵^{ns}	۱/۴۶**	۸۵۸۷/۴۷**
SI × M × RI × Y	۲	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۲۳/۹۸^{ns}
اشتباه آزمایشی	۴۴	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۱۱	۱۶۶۵/۶۸
ضریب تغییرات (٪)		۲/۹۷	۳/۲۰	۱/۹۹	۳/۴۵

*، ** و ^{ns} به ترتیب نشانگر اختلاف آماری معنی‌داری در سطوح احتمال پنج ، یک درصد و عدم اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشد.

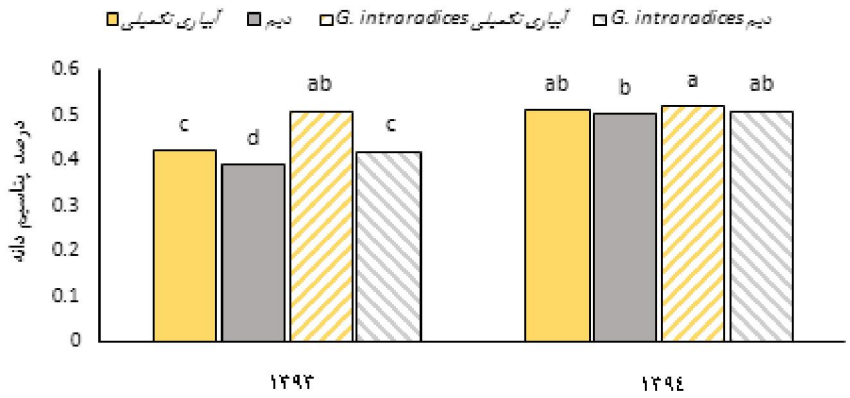
در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مقادیر پتاسیم دانه در گیاهان همزیستی با قارچ میکوریزا در سال دوم کشت به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است. با این حال همواره مقادیر پتاسیم دانه در آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم بیشتر است. بطوری که بیشترین پتاسیم دانه (۰/۵۲ درصد) از گیاهان آبیاری شده در همزیستی با قارچ میکوریزا به‌دست آمد. در حالی که کمترین مقادیر پتاسیم دانه (۰/۳۹ درصد)

www.SID.ir

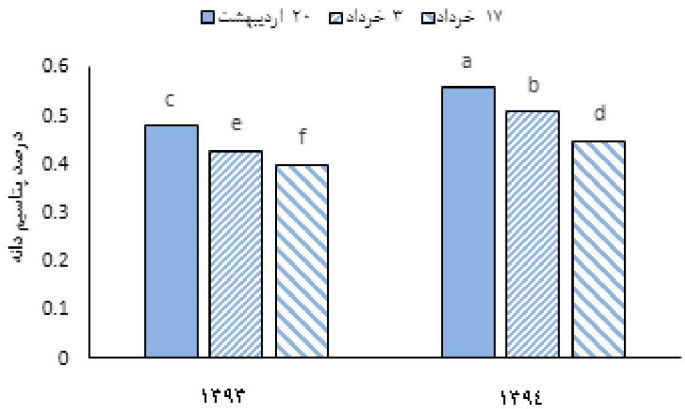
Archive of SID

در شرایط دیم و بدون همزیستی با قارچ میکوریزا مشاهده شد (شکل ۷ - الف). در هر دو کشت سال‌های اول و دوم با تاخیر در قطع بارندگی از ۲۰ اردیبهشت تا ۱۷ خرداد مقادیر پتاسیم دانه به طورمعنی‌داری افزایش پیدا کرده است. با این حال همواره مقادیر پتاسیم دانه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر است. یعنی بیشترین پتاسیم دانه (۰/۵۶ درصد) از گیاهان آبیاری شده در شرایط قطع بارندگی ۱۷ خرداد به‌دست آمد، ولی پایان زودهنگام بارندگی در ۲۰ اردیبهشت ماه منجر به تولید دانه‌هایی با کمترین پتاسیم دانه (۰/۴ درصد) شد (شکل ۷- ب). گزارش شده است که کاربرد قارچ میکوریزی تأثیر معنی‌داری بر افزایش میزان پتاسیم اندام‌های هوایی ذرت دارد (امیرآبادی و همکاران، ۱۳۸۸). بطوری که افزایش غلظت پتاسیم در شرایط تنش خشکی به دلیل نقش این عناصر در تنظیم فشار اسمزی می‌باشد، گزارش شده است (Aliasgharzad *et al.*, 2009). همچنین مشخص شده است که تحت شرایط تنش کم‌آبی جذب عناصر غذایی توسط گیاهان، معمولاً به واسطهٔ کاهش مقادیر تعرق، مختل شدن سیستم‌های انتقال فعال و نفوذپذیری غشاء و در نتیجه کاهش نیروی جذب کنندگی ریشهٔ گیاه کاهش می‌یابد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۰).

الف



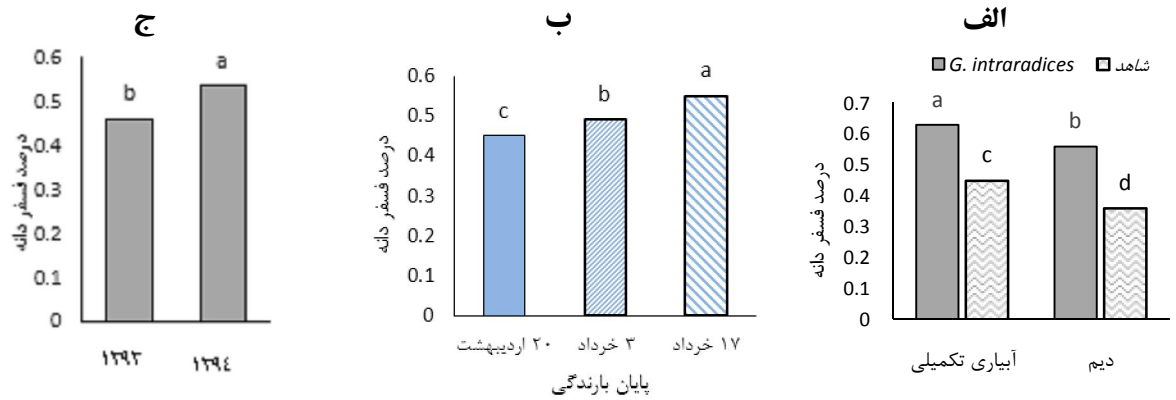
ب



شکل ۷- مقایسه میانگین پتاسیم دانه تحت تاثیر برهمکنش سال × پایان بارندگی (الف) و سال × آبیاری × میکوریزا (ب).
حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸ - مقایسه میانگین فسفر دانه تحت تاثیر برهمکنش آبیاری × میکوریزا (الف)، پایان بارندگی (ب) و سال (ج). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

پروتئین دانه: اثر متقابل معنی‌دار سه جانبه فاکتورهای آزمایش (زمان پایان بارندگی× آبیاری تکمیلی× قارچ میکوریزا) بر پروتئین دانه نشان دهنده پاسخ بسیار متغیر پروتئین دانه به این عوامل است (جدول ۴). هر چند در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مناسب‌ترین زمان وقوع بارندگی‌های بهاره از نظر درصد پروتئین دانه ۲۰ اردیبهشت می‌باشد، گیاهان آبیاری شده درصد پروتئین بالاتری داشتند. به‌طوری که بیشترین درصد پروتئین دانه (۲۱/۹۸ درصد) مربوط به آبیاری تکمیلی گیاهانی میکوریزایی بوده که آخرین بارندگی ۲۰ اردیبهشت را داشتند. در حالی که کمترین درصد پروتئین دانه (۱۳/۳۱ درصد) از گیاهان غیرمیکوریزایی کشت دیم با آخرین بارندگی ۱۷ خرداد به دست آمد (شکل ۹-الف).

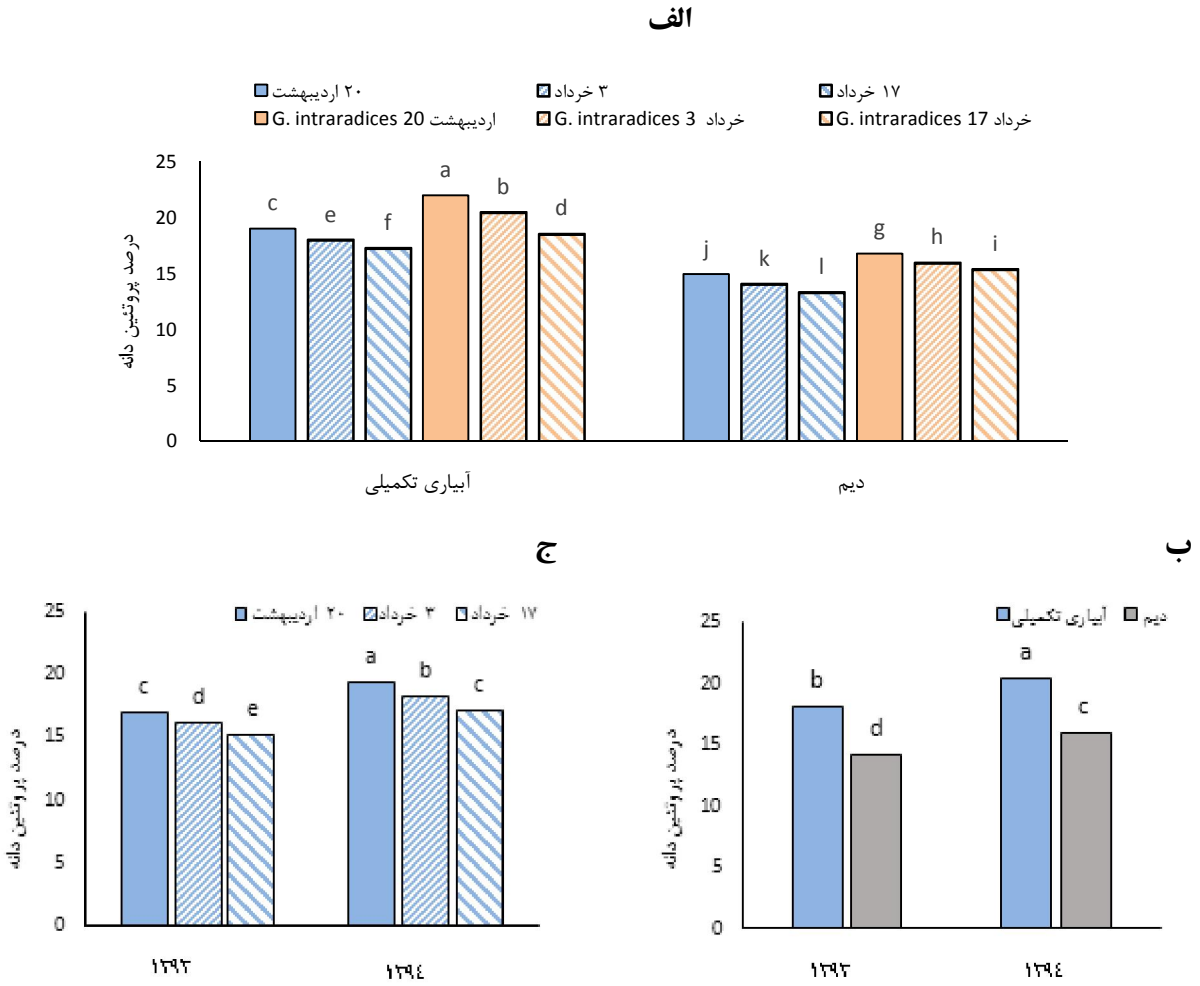
برهمکنش معنی‌دار ($P\leq$۰/۰۱) بین سال کشت و آبیاری تکمیلی بر روی پروتئین دانه (جدول ۴)، منجر به تولید دانه با بیشترین مقدار پروتئین (۲۰/۳۸ درصد) در گیاهان با آبیاری تکمیلی شد. با این حال همواره مقادیر پروتئین دانه در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر است (شکل ۹- ب).

برهمکنش معنی‌دار سال کشت × پایان بارندگی نشان می‌دهد که پاسخ مقادیر پروتئین گیاه به وقوع بارندگی در دوسال کشت متفاوت است (جدول ۴). بطوری که در هر دو سال کشت با تاخیر در قطع بارندگی از ۲۰ اردیبهشت تا ۱۷ خرداد مقادیر پروتئین دانه به طور معنی‌داری کاهش پیدا کرده است. با این حال همواره مقادیر پروتئین دانه در سال دوم کشت نسبت به سال اول بیشتر است. یعنی بیشترین پروتئین دانه گندم (۱۹/۳۶ درصد) از پایان زود هنگام بارندگی در ۲۰ اردیبهشت ماه بدست آمد. ولی قطع بارندگی دیرهنگام در ۱۷ خرداد منجر به تولید دانه‌هایی با کمترین پروتئین دانه (۱۵/۲۲ درصد) شد (شکل ۹- ج). با توجه به نتایج حاصل به نظر می‌رسد که با وقوع شرایط کم آبی و کوتاه شدن دوره‌ی رشد زایشی، فرصت کمتری برای ذخیره‌ی نشاسته وجود دارد و در نتیجه میزان پروتئین دانه افزایش می‌یابد. طبق نتایج حاصل تلقیح قارچ میکوریزا در شرایط کم آبی، درصد پروتئین دانه گندم را افزایش داد. به نظر می‌رسد در شرایط کم آبی قارچ میکوریزا در تشکیل و ثبات خاکدانه‌های خاک نقش مهمی را داشته و در نتیجه هدایت

www.SID.ir

Archive of SID

هیدرولیتیکی خاک بهبود یافته و باعث توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی شده است. نتایج این تحقیق با نتایج جورج و همکاران (۱۹۹۴) مطابقت دارد. اویگ (۲۰۰۱) گزارش نمودند که با افزایش شدت تنش کم آبی در گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی غلظت آهن، روی، مس، بر و درصد پروتئین دانه افزایش نشان داد.



شکل ۹ – مقایسه میانگین پروتئین دانه تحت تاثیر برهمکنش پایان بارندگی× آبیاری تکمیلی× قارچ میکوریزا (الف)، سال × آبیاری (ب) و سال × پایان بارندگی (ج). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

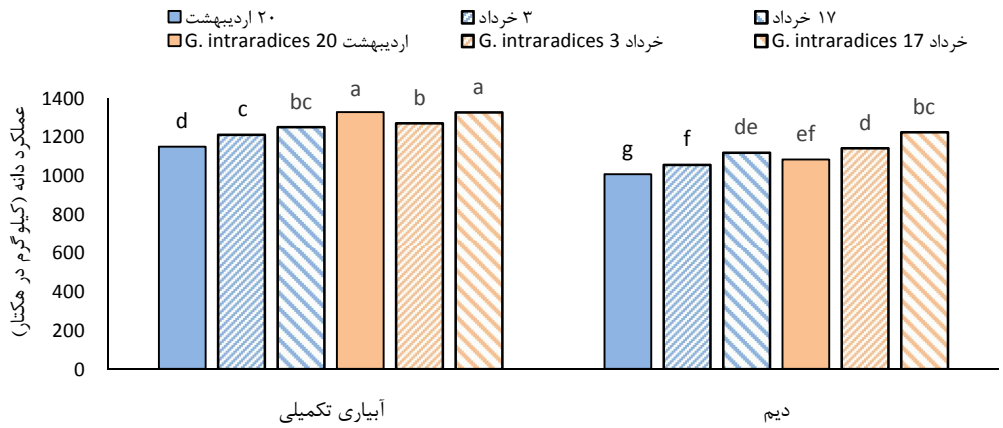
عملکرد دانه: برهمکنش معنی‌دار سه جانبه فاکتورهای آزمایشی (پایان بارندگی × آبیاری تکمیلی × همزیستی با قارچ میکوریزا) نشان داد که پاسخ عملکرد گیاه به آبیاری تکمیلی بسته به وقوع بارندگی در گیاهان میکوریزایی متفاوت است (جدول ۴). بطوری که در هر دو کشت دیم و آبیاری تکمیلی مقادیر عملکرد دانه در گیاهان همزیستی با قارچ میکوریزا در قطع بارندگی دیرهنگام ۱۷ خرداد به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است. با این حال همواره عملکرد دانه گندم در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم بیشتر است. بطوری که بیشترین عملکرد دانه (۱۳۲۶/۵۵ کیلوگرم در هکتار) از

www.SID.ir

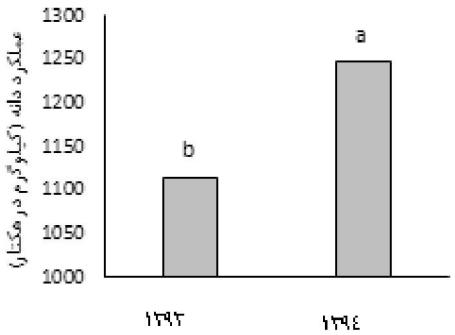
Archive of SID

گیاهان آبیاری شده در همزیستی با قارچ میکوریزا در شرایطی که بارندگی تا ۱۷ خرداد ادامه داشت به‌دست آمد. با این حال عملکرد دانه، نسبت به زمانیکه اتمام بارندگی بهاره ۲۰ اردیبهشت اتفاق افتاده بود تفاوت معنی‌داری نشان نداد. با این حال کمترین عملکرد دانه (۱۰۰۶/۰۰ کیلوگرم در هکتار) در پایان زود هنگام بارندگی بهاره (۲۰ اردیبهشت) از گیاهان غیرمیکوریزایی در شرایط دیم مشاهده شد (شکل ۱۰- الف). اثر سال بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). بطوری که عملکرد دانه گندم در سال دوم آزمایش ۱۲۴۷/۷۱ کیلوگرم در هکتار برآورد گردید، اما در سال اول آزمایش عملکرد به میزان ۱۳۲/۹۵ کیلوگرم کمتر از سال دوم آزمایش بود (شکل ۱۰- ب).

الف



ب



شکل ۱۰- مقایسه میانگین عملکرد دانه تحت تاثیر برهمکنش پایان بارندگی × آبیاری تکمیلی × همزیستی با قارچ میکوریزا (الف) و سال (ب). حروف غیرمشابه بیانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

بنابراین با توجه به نتایج حاصله شرایط کم آبی که باعث کاهش غلظت بیشتر عناصر غذایی می‌گردد، تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا اثرات نامطلوب تنش خشکی را در گیاهان تعدیل می‌کند. بطوری که قارچ میکوریزا از طریق انتشار میسیلیوم‌های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه‌های موئین برای جذب آب وجود ندارد، آب و عناصر غذایی را جذب و به گیاه منتقل می‌کند و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد (ساجدی و رجالی، ۱۳۹۰). گیاهان

www.SID.ir

Archive of SID

میکوریزایی از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت CO_2 به ازای واحد وزن برگ می‌توانند سرعت فتوسنتز خود را افزایش دهند تا نیازهای همزیست خود را تامین نمایند (Copetta *et al.*, 2006).

نتیجه‌گیری کلی

بررسی‌های طولانی مدت آمار هواشناسی نشان می‌دهد که توزیع کمی و کیفی بارندگی در اغلب مناطق کشت گندم در کشور و بویژه استان آذربایجان‌غربی، بسیار پراکنده بوده و برای دستیابی به عملکردهای قابل قبول، غیرقابل اعتماد است. در این مناطق گیاهان کشت شده در پاییز و یا زمستان معمولا در دوره رشد رویشی خود تحت تاثیر تنش خشکی متناوب قرار می‌گیرند و در مرحله رشد زایشی با تنش خشکی نهایی مواجه می‌شوند. نتایج این مطالعه نشان داد که در منطقه مورد مطالعه انجام یک بار آبیاری عملکرد دانه گندم را در ارقام رایج منطقه نسبت به شرایط دیم بصورت معنی‌داری افزایش می‌دهد. با این حال همواره عملکرد دانه گندم در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به کشت دیم بیشتر است. بطوری که بیشترین عملکرد دانه (۱۳۲۶/۵۵ کیلوگرم در هکتار) از گیاهان آبیاری شده در همزیستی با قارچ میکوریزا در شرایطی که بارندگی تا ۱۷ خرداد ادامه داشت به‌دست آمد، ولی عملکرد دانه، نسبت به زمانیکه اتمام بارندگی بهاره ۲۰ اردیبهشت اتفاق افتاده بود تفاوت معنی‌داری نشان نداد. کمترین عملکرد دانه (۱۰۰۶ کیلوگرم در هکتار) در پایان زود هنگام بارندگی بهاره (۲۰ اردیبهشت) از گیاهان غیرمیکوریزایی در شرایط دیم مشاهده شد. در مطالعه حاضر، مشخص شد که قارچ مورد بررسی (*G. intraradices*) و سطوح مختلف آبیاری از نظر نیتروژن (پروتئین)، فسفر و پتاسیم دانه، کیفیت علوفه و عملکرد دانه گندم نسبت به گیاهان بدون تلقیح با میکوریزا برتری نشان دادند. تنش خشکی در کشت دیم، غلظت و محتوای فسفر را در گیاهان میکوریزایی و غیرمیکوریزایی کاهش داد. با این وجود، رابطه میکوریزایی غلظت و محتوای فسفر را در گندم افزایش داد. در نتیجه در شرایط کم‌آبی با مدیریت صحیح منابع آب و کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر کاهش میزان آب مصرفی و تقویت گیاه، می‌توان ضمن غنی‌سازی محصولات زراعی گامی مؤثر در راستای کشاورزی پایدار برداشت.

منابع:

آقابابائی فاطمه، رئیسی فایز، نادیان حبیب اله. ۱۳۹۰. اثر همزیستی میکوریزایی بر جذب عناصر غذایی توسط برخی ژنوتیپ‌های تجاری رقم بادام در یک خاک لومی شنی. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۲۵(۲): ۱۳۷ -۱۴۷

آمارنامه کشاورزی .۱۳۹۲. دفتر آمار و فن آوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی.

احیایی حمیدرضا، پارسا مهدی، کافی محمد ، نصیری محلاتی مهدی. ۱۳۸۹. اثر محلول پاشی متانول و آبیاری رژیم در عملکرد و اجزای عملکرد ارقام نخود. مجله پژوهشهای حبوبات ایران ۱(۲): ۳۷-۴۸

www.SID.ir

Archive of SID

اسدپور سیروس، مدنی حمید، کلارستاقی کیومرث، محمدی علیرضا. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه در چهار رقم گندم دوروم (*Triticum durum* L.). یافته‌های نوین کشاورزی ۱(۲): ۹۳-۱۰۲

امیرآبادی محسن، رجالی فرهاد، اردکانی محمدرضا، برجی محسن. ۱۳۸۸. تأثیر کاربرد مایه تلقیح ازتوباکتر و قارچ میکوریزا بر جذب برخی عناصر معدنی توسط ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس۷۰۴ در سطوح مختلف فسفر. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۲۳(۱): ۱۰۷-۱۱۵

بهداد ماریه، پاک نژاد فرزاد، وزان سعید، اردکانی محمدرضا، نصیری محمد. ۱۳۸۸. اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد در مراحل مختلف رشد ارقام گندم. پژوهش‌های به‌زراعی ۱(۲) : ۱۴۳-۱۵۷

حبیب‌زاده یعقوب، زردشتی محمدرضا، پیرزاد علیرضا، جلیلیان جلال. ۱۳۹۱. اثر قارچ ریشه‌های آربوسکولار بر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه ماش تحت تنش کم آبی [*Vigna radiata* (L.) Wilczk] مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک ۶۰: ۵۷-۶۹

حبیب زاده یعقوب، زردشتی محمدرضا، پیرزاد علیرضا،جلیلیان جلال، عیوضی علیرضا، طایفه رضایی حیدر. ۱۳۹۲. اثر میکوریزا آربوسکولار بر کار آیی مصرف آب وعملکرد دانه ماش در شرایط تنش آبی. نشریه زراعت (پژوهش وسازندگی). ۱۰۰: ۶۸-۷۵

حبیبی سمانه، فرزانه معصومه، مسگرباشی موسی. ۱۳۹۲. تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر رشد و جذب عناصر غذایی گندم در شرایط شور. تحقیقات آب و خاک ایران ۴۴(۳): ۳۱۱-۳۲۰

حسینی فریده سادات، ، نظامی احمد، پارسا مهدی، حاج محمدنیا قالیباف کمال.۱۳۹۰. اثر آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام عدس (*Lens culinaris* Medik) در شرایط آب و هوایی مشهد. آب و خاک ۲۵(۳): ۶۲۵-۶۳۳

رهبری علی، سینکی جعفر مسعود، زارعی مهرناز. ۱۳۹۳. تاثیر کود آلی فسفره و کم‌آبیاری بر عملکرد ارقام ارزن علوفه‌ای. دانش زراعت ۵(۱۰): ۲۷-۳۸

ساجدی نورعلی، رجالی فرهاد. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی، کاربرد روی و تلقیح میکوریز بر جذب عناصر کم مصرف در ذرت. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) ۲۵(۲): ۸۳-۹۲

فرنیا امین، نخجوان شهرام، خدایی فرید، شاهوردی محمد. ۱۳۹۳. تاثیر تراکم کاشت بر خصوصیات فیزیولوژیکی رشد و عملکرد گندم دیم در بروجرد. یافته‌های نوین کشاورزی ۸(۴): ۲۹۱-۳۰۲

یعقوبیان یاسر، پیردشتی همت اله، محمدی گل تپه ابراهیم، فیضی اصل ولی، اسفندیاری عزت اله. ۱۳۹۱. ارزیابی واکنش گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) رقم آذر۲ به همزیستی با قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار و شبه میکوریزا در سطوح مختلف تنش خشکی. نشریه بوم شناسی کشاورزی ۴(۱):۶۳-۷۳

www.SID.ir

Archive of SID

Aliasgharzad N, Bolandnazar SA, Neyeshabouri MR, Chaparzadeh N. 2009. Impact of soil sterilization and irrigation intervals on P and K acquisition by mycorrhizal onion (*Allium cepa* L.). Biologia 64(3): 512-515

Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC, Vol. II. Association of Official Analytical Chemist, 18th Edition, Washington DC.

Benami A, Ofen A. 1984. Irrigation Engineering-Sprinkler, Trickle and Surface Irrigation: Principles, Design and Agricultural Practices. Irrigation Engineering Scientific Publications.

Bremner JM, Mulvaney CS. 1982. Total nitrogen. In: Page et al. (eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy Monograph Series, Vol. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 895-926

Boomsma CR, Vyn TJ. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. Field Crops Research 108:14–31

Copetta A, Lingua G, 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

Elwan LM. 2001. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants. Zagazig Journal of Agricultural Research 28:163-172

George E, Romheld V, Marschner H. 1994. Contribution of mycorrhizal fungi to micronutrient uptake by plants. In: Manthey JA, Crowley DE, Luster DG (eds.) Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere. Lewis, London. 93-109 pp

Habibzadeh Y, Jalilian J, Zardashti MR, Pirzad A, Eini O. 2015 Some morpho-physiological characteristics of Mung Bean mycorrhizal plant under different irrigation regimes in field condition. Journal of Plant Nutrition 38(11):1754-1767

Jaderlund L, Arthurson V, Grandhall U, Jansson JK. 2008. Specific interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting bacteria: as revealed by different combinations. FEMS Microbiology Letters 287(2): 174-180

Neumann E, George E. 2004. Colonisation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* (Nicol. and Gerd.) enhanced phosphorus uptake from dry soil in *Sorghum bicolor* L. Plant and Soil 261(1): 245–255

Ortas I, Sari N, Akpinar C, Yetisir H. 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. Scientia Horticulturae 128: 92-98

Oweis T. 1997. Supplemental Irrigation: A highly efficient water-use practice. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo, Syria

Oweis T, Zeidan H, Taimeh A. 1992. Modeling approach for Optimizing.Proceedings of the International Conference on Supplemental Irrigation and Drought Water Management, Bari, Italy. 1st Agron. Mediterraneo, CIHEAM/MAI-B, Bari

Pei F, Li X, Liu X, Lao C. 2013. Assessing the impacts of droughts on net primary productivity in China. Journal of Environmental Management 114: 362–371

Rossi AM, Juarez MD, Samman NC, Villarreal M. 2004. Nitrogen contents in food: A comparison between the Kjeldahl and Hach methods. Anales des la Asociacion Quimica Argentina 92(4): 99-108

Smith SE, Read D. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Third Edition, Academic Press, San Diego, California, USA, 769 pp

www.SID.ir

Archive of SID

Stone LR, Schlegel AJ. 2006. Yield–water supply relationships of grain sorghum and winter wheat. Agronomy journal 98: 1359-1366

Subramanian KS, Bharathi C, Jegan O. 2008. Response of maize to mycorrhizal colonization at varying levels of zinc and phosphorus. Biology and Fertility of Soils 45: 133–144

Troehza loynachan TE. 2003. Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn, soybean and fallow. Agronomy Journal 95(1): 224-230

www.SID.ir

Archive of SID

Effect of mycorrhizal symbiosis and supplementary irrigation on wheat grain yield and quality under variable end-season rainfall conditions

M. Mazlomi Mamyandi, A. Pirzad*, J. Jalilian

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

Abstract

The effect of supplementary irrigation on mycorrhizal symbiosis of *Triticum aestivum* L. cv. Azar-2 at variable end season rain interruption (spring), was assessed by a 2-year factorial experiment based on randomized complete block design in three replications at West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center in two years(2014 and 2015). Treatments included rain interrupted (30 May, 13 June and 27 June), mycorrhizal symbiosis (non-mycorrhizal plants and inoculation with *G.intraradices*) and irrigation (rainfed and one supplementary irrigation). Results indicated that the supplementary irrigation increased forage quality (phosphorus and calcium) and grain nutrients (phosphorus) of wheat in comparison with rainfed condition. The highest seed protein content (22%) and seed yield (1327 kg/ha) was observed in irrigated mycorrhizal plants with precipitation interrupted on 30 May and 27 June, respectively. Generally in rainfed, forage and grain quality was improved by supplementary irrigation regardless interrupted precipitation. However, mycorrhizal symbiosis enhanced the wheat quality and yield (15% in supplementary irrigation and 10% in rainfed).It can be concluded that under drought conditions, appropriate water resources management and biofertilizers application would result in better water use efficiency and plants growth, and biofortification as well as sustainable agriculture.

Keywords: fungus inoculum, rainfall interruption, seed protein, seed phosphorous, yield

* *Corresponding author: a.pirzad@urmia.ac.ir* *Received: 2016/08/24 Accepted: 2017/02/21*

www.SID.ir