مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۶ شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳

مجله پژوهش‌های به زراعی

مطالعه خصوصیات جو مایکوریزایی (*Hordeum vulgare* L.) تحت تاثیر غنی سازی با روی و آهن

شهاب خاقانی[1*]، میلاد صفاپور[2]

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، گروه زراعت و اصلاح نباتات، اراک، ایران
۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱/۲۰

چکیده

هدف غنی سازی زراعی افزایش و توسعه مواد مغذی در بخش های خوراکی گیاهان است. به همین منظور جهت بررسی تأثیر مایکوریزا، آهن و روی بر روی صفات کمی و کیفی جو، تحقیقی در پاییز سال ۱۳۹۲ در شهرستان کرج به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی گیاه جو رقم بهمن اجرا شد. عامل های آزمایشی شامل: دو سطح قارچ مایکوریزا (عدم مصرف و سویه *Glomus intraradices* به میزان ۱۰ کیلوگرم گرم در هکتار به صورت خاک مصرف)، سه سطح آهن (عدم مصرف و مصرف ۲/۵ و ۵ کیلوگرم در هکتار از منبع آهن سکوسترین ۱۳۸) و ۳ سطح روی (عدم مصرف و مصرف ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی) بودند. بررسی اثر ساده مایکوریزا بر عملکرد دانه نشان داد، بالاترین میزان عملکرد دانه با ۳/۹۰ تن در هکتار از تیمار *G. intraradices* بدست آمد و بالاترین عملکرد کاه با ۳/۴۳ تن در هکتار از همین تیمار حاصل شد. اثرات ساده مایکوریزا، روی و آهن بر عملکرد بیولوژیک نشان داد، بالاترین مقدار این صفت به میزان ۶/۹۱، ۶/۷۰ و ۶/۴۹ تن در هکتار به ترتیب از تیمارهای *G. intraradices*، ۵ کیلوگرم آهن در هکتار و ۵۰ کیلوگرم روی در هکتار بدست آمد. بالاترین میزان فسفر با ۱/۴۳ پی پی ام از تیمار *G. intraradices* حاصل شد. اثرات ساده مایکوریزا، روی و آهن بر میزان روی دانه تأیید نمود، بالاترین مقدار این صفت از تیمارهای*G.intraradices*، ۲/۵ کیلوگرم آهن در هکتار و ۵۰ کیلوگرم روی در هکتار به ترتیب به مقدار ۴۱/۳۲، ۳۹/۴۶ و ۴۰/۹۰ پی پی ام بدست آمد.

واژه های کلیدی: آهن، جو، روی، غنی سازی زراعی، مایکوریزا

* نگارنده مسئول (sh-khaghani@iau-arak.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

جو به عنوان گیاهی که عملکرد آن تحت تأثیر عناصر غذایی ریزمغذی قرار می گیرد، در طول دوره کشت به عناصری مانند روی و آهن احتیاج دارد. چگونگی جذب این عناصر در گیاه به ساختار ریشه آن بر می گردد و حضور یا عدم حضور عامل یا عواملی که سرعت جذب این دو عنصر و سایر عناصر ریز مغذی را افزایش می دهند (هزاوه، ۱۳۹۱).

همزیستی مایکوریزایی یک همزیستی قدیم بین ریشه گیاهان و قارچ هاست (Morton & Benny, 1990).

این اعتقاد وجود دارد که همزیستی مایکوریزایی در ۹۰ درصد گیاهان و خاک‌ها به وجود می آید. این همزیستی به صورت معنی دار مقاومت به خشکی، جذب مواد مغذی، مقاومت به استرس های حرارتی و در مواردی مقاومت به آلودگی عناصر سنگین را افزایش می دهد (Davies *et al.*, 2001؛ Paradis *et al.*, 1995؛ Subramanian, *et al.*, 1997؛ Audet & Charest, 2006).

برخی مطالعات نشان داده اند که کلنیزاسیون قارچ مایکوریزا جذب و اسمیلاسیون عناصر سنگین را در گیاه میزبان افزایش می دهد. با این حال حدس زده می شود، قارچ های مایکوریزا از طریق تراوشات آنزیمی در انتقال دوباره سبب بازگشت این عناصر به خاک شوند و میزان این عناصر را در خاک کاهش دهند(Leyval *et al.*, 1997؛ Joner *et al.*, 2000).

قارچ های مایکوریزا از طریق افزودن مواد مغذی به گیاهان سود می رسانند و از این طریق به مقاومت گیاه به تنش های احتمالی کمک می کنند (Wenger *et al.*, 2002).

روی یک عنصر ضروری برای موجودات با قابلیت ایجاد سمیت است. این عنصر بعد از نیتروژن و فسفر سومین عنصری است که کمبود آن در عناصر غذایی دیده می شود. کمبود روی یکی از متداول ترین کمبود ریزمغذی ها در محصولات زراعی مخصوصاً غلات و گیاهان مرتعی در سراسر جهان است که نتیجه آن کاهش شدید عملکرد و کیفیت غذایی محصولات می باشد. بیش از ۶۰ درصد خاک های زراعی ایران دچار کمبود روی هستند که این باعث کاهش ۵۰ درصدی عملکرد محصول شده است. در بیش از ۸۰ درصد خاک های زراعی ایران غلظت روی قابل استفاده از طریق عصاره گیری DPTA کمتر از یک میلی گرم در کیلوگرم خاک می باشد (Malakouti, 2007). این عنصر به عنوان کوفاکتور بیش از ۳۰۰ آنزیم است، نقش ساختاری در پروتئین ها دارد و یک عامل مهم در رونویسی ژن هاست (Andreini, 2006؛ Broadley, 2007؛ Coleman, 1998؛ Kramer & Clemens, 2006). در کشاورزی متمرکز کمبود روی رایج و گسترده است. این پدیده به علت برداشت شدید روی قابل استفاده از منطقه نفوذ ریشه در خاک به وجود می آید و در مواردی نیز با توجه به اثر مفید مواد آلی خاک در جذب روی توسط گیاه و فرسایش سطحی باعث بروز کمبود روی می شود. از طرفی در خاک های آهکی و قلیایی، کمبود روی به علت اسیدیته بالای خاک است. بر اثر کمبود روی در گیاه، به تدریج توقف رشد حاصل می شود و در نتیجه اندام های رویشی بویژه برگ به عنوان دستگاه فتوسنتزی دچار مشکل می شود. در نتیجه این امر ساخت مواد فتوسنتز هم مختل شده و تشکیل اندام های زایشی آسیب می بینید و لذا در جو تعداد دانه در سنبله و وزن دانه رو به کاهش می یابد. علاوه بر روی، آهن نیز یک عنصر مهم در تغذیه گیاهی می باشد (Graham & Mcdonald, 2000). تقریباً تمام موجودات برای زنده ماندن نیاز به آهن دارند. با توجه به توانایی آهن به پذیرش الکترون ها، آهن به عنوان کوفاکتور برای تعداد زیادی از آنزیم ها با نقش های مهمی در تنفس، بیوسنتز DNA، سوخت و ساز نیتروژن، بیوسنتز کلروفیل و فتوسنتز لازم می باشد. با وجود

Archive of SID

www.SID.ir

اهمیت آن، آهن می تواند اثرات سمی باشد، مثل زمانی که در سطوح مصرف نامناسب تجمع در گیاه یابد. دلیل این است که آهن آزاد می تواند با شرکت در واکنش فنتون و سیتوتوکسیک تولید رادیکال های هیدروکسیل کند (Halliwell & Gutteridge, 1992). آهن به عنوان یک فلز فعال مطرح بوده و کاهش آن در فتوسنتز، تنفس در میتوکندری، جذب نیتروژن، بیوسنتز هورمون اتیلن، جیبرلیک اسید، جاسمونیک اسید، جلوگیری کننده از تولید و مهار گونه های اکسیژن واکنش پذیر، و دفاع در برابر پاتوژن ها اثر نامطلوب دارد. تا ۸۰٪ از آهن سلولی در کلروپلاست موجود است که سازگاری با عملکرد اصلی آن در فتوسنتز پیدا کرده است (Xu & Moller, 2008). تحقیقات نشان می دهند تلقیح مایکوریزایی سبب افزایش جذب آهن، روی و مس در گیاه جو شده است و در ریشه این گیاه میزان آهن و مس تفاوت معنی دار نسبت به تیمار مشابه بدون مصرف مایکوریزا داشته است. همچنین غلظت روی در بافت های گیاهی در تیمار مصرف مایکوریزا نسبت به تیمار مشابه افزایش چشمگیر داشته است. مایکوریزا در شرایط کمبود مواد مغذی تأثیر بسزایی روی تولید گیاه دارد (Oyetunji *et al.*, 2004). از این رو مهمترین هدف این تحقیق بررسی امکان غنی سازی دانه های جو با روی و آهن در شرایطی می باشد که مایکوریزا به عنوان یک افزایش دهنده سطح جذب ریشه سبب افزایش این دو عنصر در گیاه می شود.

مواد و روش ها

به منظور تعیین تأثیر کودهای بیولوژیک میکروبی و ریز مغذی‌ها بر عملکرد و صفات ریشه جو، تحقیقی در پاییز سال ۱۳۹۲ در شهرستان کرج به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار بر روی گیاه جو رقم بهمن (ضد عفونی نشده) اجرا شد. دو سطح قارچ مایکوریزا شامل: سطح صفر (بدون مصرف)، سویه *Glomus intraradices* به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار به صورت خاک مصرف (تعداد اسپور فعال برای هر گیاه ۳۰۰ عدد می باشد)، ۳ سطح آهن شامل: سطح بدون مصرف، مصرف ۲/۵ و ۵ کیلوگرم در هکتار از منبع آهن سکوسترین ۱۳۸ با بنیان Fe-EDDHA و ۳ سطح روی شامل: سطح بدون مصرف و مصرف ۲۵ کیلوگرم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی به صورت خاک مصرف به عنوان عامل های آزمایشی در نظر گرفته شدند. کرت ها به ابعاد ۶×۱/۸۰ متر، فاصله ردیف‌های کاشت ۶۰ سانتی متر (در هر ردیف ۳ خط کاشت) و فاصله میان هر تکرار ۲/۴۰ متر بود. جهت کشت بر مبنای ۳۰۰ بوته در متر مربع برای هر کرت ۲۵۰ گرم بذر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت یک نمونه خاک (از هفت قسمت زمین) تهیه و به آزمایشگاه خاک ارسال شد و آزمایش خاک کامل جهت تشخیص میزان عناصر ماکرو و میکرو روی آن صورت گرفت (جدول ۱).

اندازه گیری میزان جو در دانه با استفاده از روش Misson *et al* (2005) و میزان روی و آهن به روش جذب اتمی به وسیله اسپکتوفتومتری انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

عمق نمونه برداری (cm)	درصد اشباع	E.C. $ds.m^{-1}$	pH	روی Zn	آهن Fe	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	شن ٪	لوم ٪	رس ٪	بافت
				$mg.kg^{-1}$								
۳۰-۰	۳۷/۵	۱/۴	۷/۱	۴/۲۸	۲/۴۸	۰/۱	۳۰	۳۰۵	۲۱	۴۴	۳۵	لوم رسی

Archive of SID

www.SID.ir

داده های به دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS ورژن ۹/۱ تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین ها نیز با آزمون دانکن انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تعداد سنبله در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد در میان اثرات اثرات ساده و متقابل تنها اثر ساده مایکوریزا در سطح یک درصد و اثر متقابل آهن و روی در سطح ۵ درصد معنی دار می باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا و اثر متقابل آهن و روی نشان داد، بالاترین تعداد سنبله در بوته به ترتیب با ۹۴۴ و ۹۵۶/۳۳ عدد از تیمارهای *G.intraradices* ، ۵ کیلوگرم آهن و ۲۵ کیلوگرم روی در هکتار بدست آمد (جدول ۳). افزایش تعداد دانه در سنبله به عنوان یک عامل مؤثر در افزایش عملکرد دانه در تیمار اثر ساده مایکوریزا به افزایش سطح جذب آب و مواد مغذی به خصوص فسفر توسط مایکوریزا مرتبط می باشد که این مهم توسط دیگر محققان نیز اثبات گردیده است.

Khaliq & Sanders (2000) مصرف سویه های مختلف مایکوریزا را سبب افزایش تعداد سنبله در بوته گیاه جو اعلام کردند و این مورد را به افزایش جذب آب و مواد مغذی توسط مایکوریزا مرتبط دانستند. اشرفی و همکاران (۱۳۹۱) افزایش تعداد سنبله در بوته را در گیاه جو بعد از تیمار سولفات روی اعلام کردند. افزایش فسفر در محیط رشد گیاه و متعاقباً افزایش تقسیم سلولی سبب افزایش رشد گیاه شده و صفت تعداد سنبله در بوته به عنوان یک صفت تأثیر گذار در عملکرد گیاه را افزایش داده است.

تعداد دانه در سنبله

نتایج جدول ۲ نشان داد، تجزیه واریانس اثر ساده مایکوریزا در سطح یک درصد معنی دار می باشد و در سایر اثرات ساده و متقابل تفاوت معنی دار وجود ندارد. مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا نشان داد، بالاترین تعداد دانه در سنبله به ترتیب به میزان ۲۰/۰۶ از تیمار مصرف مایکوریزا سویه *G.intraradices* بدست آمد (جدول ۳). تعداد دانه در سنبله دومین جز عملکرد دانه در جو محسوب می شود. این صفت جز ثابت عملکرد دانه محسوب می گردد، با این حال شرایط محیطی و زراعی بر پتانسیل آن تأثیر دارد. کاهش تعداد دانه در سنبله در تیمار مایکوریزا نشان دهنده اثر افزایندگی جذب مایکوریزا بر اعضای زایشی برای تولید تعداد دانه است.

Ehrvarz *etal* (2008) تأثیر مثبت مایکوریزا را در افزایش تعداد دانه در سنبله اعلام کردند و این مهم را به دلیل افزایش جذب فسفر و سایر زیر مغذی ها مرتبط دانستند. Nourinia *etal* (2007) در بررسی تأثیر مایکوریزا بر عملکرد جو تحت شرایط تنش شوری اعلام کردند، مایکوریزا سبب افزایش تعداد دانه در سنبله در تیمارهای تحت تنش می شود و بدین ترتیب عملکرد نهایی گیاه افزایش می یابد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر ساده مایکوریزا، آهن (در سطح یک درصد) و روی (در سطح ۵ درصد) دارای تفاوت معنی دار می باشند (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا، آهن و روی نشان داد، بالاترین میزان وزن هزار دانه به ترتیب با ۲۹/۳۸، ۲۶/۹۹ و ۲۶/۷۵ از تیمار مصرف مایکوریزا سویه *G.intraradices*، مصرف ۲/۵ کیلوگرم در هکتار آهن و ۲۵ کیلوگرم روی بدست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سه‌گانه مایکوریزا×آهن×روی نشان داد، بالاترین وزن هزار دانه به میزان ۳۱/۸۶ گرم از تیمار *G.intraradices* و مصرف ۲/۵ کیلوگرم در هکتار آهن و ۵۰ کیلوگرم روی بدست آمد (جدول ۵).

Archive of SID

www.SID.ir

اصولاً وزن هزار دانه از جمله صفاتی هست که تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار می گیرد و افزایش وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمارهای مایکوریزا، روی و آهن نیز موید آن است. صفاپور و همکاران (۱۳۹۰)، افزایش وزن صد دانه لوبیا را در تیمار *G.intraradices* اعلام کردند و افزایش وزن صد دانه را عامل مهم و مؤثر در افزایش عملکرد دانه توصیف کردند. حسین آبادی و همکاران (۱۳۸۵)، تأثیر مثبت مصرف سولفات روی (۵ در هزار) را بر وزن هزار دانه گندم رقم هامون اعلام کردند. وجود روی در هورمون اکسین که باعث رشد رویشی، شاخه بندی و فتوسنتز بیشتر و تولید دانه های زیاد تر می شود و نیز وجود آهن در کلروفیل و تاثیر آن بر میزان فتوسنتز و تثبیت دی اکسید کربن و تولید نشاسته و قند و ذخیره سازی آن در دانه، موجب افزوده شدن وزن هزار دانه گشته است.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، در میان اثرات اثرات ساده و متقابل تنها اثر ساده مایکوریزا و آهن در سطح یک درصد معنی دار می باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا و آهن نشان داد بالاترین عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۳/۴۶ و ۳/۳۲ تن در هکتار از تیمارهای *G.intraradices* و ۵ کیلوگرم آهن در هکتار بدست آمد (جدول ۳). Safapour *et al* (2011)، افزایش عملکرد لوبیا را در تیمار تلقیح دوگانه مایکوریزا و ریزوبیوم اعلام کردند، همچنین افزایش عملکرد در اثرات ساده مایکوریزا مشهود بود. حمزه پور و همکاران (۱۳۸۹)، تأثیر مصرف ۸۰ میلی گرم در کیلوگرم روی را بر عملکرد دانه گندم مثبت ارزیابی کردند.

عرضه مواد غذایی به لحاظ اثری که در گسترش و توسعه اندام های رویشی دارند یکی از عوامل مهم در تعیین عملکرد دانه می باشد. استفاده از آهن باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۸۳۰ کیلوگرم در تیمار مصرف ۵ کیلوگرم آهن نسبت به تیمار شاهد گردیده است (جدول ۳). آهن با تأثیر مثبت بر فتوسنتز و مشارکت در تولید اندام های زایشی بویژه تعداد دانه در سنبله و افزایش وزن دانه امکان دستیابی به عملکرد دانه بیشتر را در جو فراهم می کند.

آهن در جو فضای مناسبی جهت تولید تعداد مناسبتری سنبله و در نتیجه تعداد بیشتری دانه در سنبله را فراهم می کند. از طرفی با حضور در ساختمان کلروفیل زمینه ساخت پرتوی را افزایش می دهد و به این طریق بر عملکرد مؤثر خواهد بود (فتحی و عنایت قلی زاده، ۱۳۸۸).

عملکرد کاه

نتایج جدول ۱ نشان داد، تجزیه واریانس اثر ساده مایکوریزا در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد و در سایر اثرات ساده و متقابل تفاوت معنی دار وجود ندارد. مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا نشان داد بالاترین عملکرد کاه به میزان ۳/۶۴ تن در هکتار از تیمار مصرف مایکوریزا سویه *G.intraradices* بدست آمد (جدول ۳). Mehrvarz *et al* (2008) افزایش عملکرد کاه را در تیمار مصرف مایکوریزا اعلام کردند. اردکانی و همکاران (۱۳۸۰) افزایش عملکرد کاه گندم را تحت تأثیر تیمارهای مایکوریزا، آزسپیریلوم و استرپتومایسس گزارش کردند. کاربرد مایکوریزا به دلیل افزایش جذب آب و مواد غذایی موجب بهبود فتوسنتز شده که نهایتاً مواد فتوسنتزی بیشتری در گیاه تولید شده و وزن خشک افزایش می یابد. نتایج Mohammad *et al*(2003)؛ Marschner (1998)، نتایج فوق را تأیید می کند.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر ساده مایکوریزا، آهن و روی (در سطح ۱ درصد) دارای تفاوت معنی دار می باشد (جدول ۲).

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا، آهن و روی نشان داد، بالاترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب به میزان ۶/۶۹، ۶/۶۷ و ۶/۵۸ تن در هکتار از تیمار های مصرف مایکوریزا سویه *G.intraradices*، مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار آهن و ۵۰ کیلوگرم روی در هکتار بدست آمد (جدول ۳). افزایش فتوسنتز و همچنین افزایش هورمون های رشد ناشی از مصرف مایکوریزا و از سوی دیگر افزایش مواد مغذی در بافت های گاهی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه می شود.

تحقیقات اردکانی و همکاران (۱۳۸۰)، نتایج فوق را تأیید می کند. Manskem *etal* (2002)، بیان نمودند که کاربرد توأم مایکوریزا و ازتوباکتر باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در گندم شده است. Kathleen *etal*(2006)، اعلام کردند عملکرد بیولوژیک (وزن خشک گیاه) بسیاری از گیاهان که با مایکوریزا همزیستی دارند، نسبت به گیاهانی که در محیط رشدشان مایکوریزا وجود ندارد بالاتر است. Mohammad *et al*(2010) گزارش کردند که کود زیستی تأثیر معنی دار بر وزن خشک کل در لوبیا داشت. این نتایج با یافته های Cohen *etal*(2009)، مطابقت دارد. آنها تأثیر دو نوع کود بیولوژیک را بر روی عملکرد لوبیا معمولی مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که صفت وزن خشک کل در تیمارهای کودی نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف کود) افزایش نشان داده است. کاظمی پشت مساری و همکاران (۱۳۸۶)، گزارش کردند که کود فسفر دار زیستی تأثیر معنی دار روی عملکرد بیولوژیک باقلا داشت. پهلوان راد و همکاران (۱۳۸۷)، تأثیر آهن کلات را در افزایش عملکرد بیولوژیک اعلام کردند. حمزه پور و همکاران (۱۳۸۹)، تأثیر مصرف ۸۰ میلی گرم در کیلوگرم روی را بر عملکرد بیولوژیک گندم مثبت ارزیابی کردند.

میزان فسفر دانه

نتایج جدول ۲ نشان داد، تجزیه واریانس اثر ساده مایکوریزا در سطح ۱ درصد معنی دار می باشد و در سایر اثرات ساده و متقابل تفاوت معنی دار وجود ندارد. مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا نشان داد، بالاترین میزان فسفر دانه از تیمار *G.intraradices* به میزان ۱/۳۶ درصد به دست آمد (جدول ۳). نادیان و جعفری (۱۳۸۴)، با انجام آزمایشی بر روی شبدر نتیجه گرفتند که قارچ های میکوریزا جذب عناصر غذایی کم تحرک بخصوص فسفر و روی در گیاهان میکوریزایی را افزایش دادند. نادیان و جعفری (۱۳۸۴)، در آزمایشی که جهت بررسی سرعت جذب فسفر در شبدر برسیم با استفاده از سه گونه قارچ انجام گردید، گزارش نمود که اصلاح تغذیه ای فسفر گیاه از طریق همزیستی میکوریزایی با افزایش سرعت جذب فسفر همراه است و این را به مراحل اولیه رشد گیاه و نوع قارچ VAM مربوط دانست. حسن زاده و همکاران (۱۳۸۶)، در بررسی روی سویه های مختلف *Pseudomonas potida* در گیاه جو دریافتند که بیشترین عملکرد دانه با کاربرد سودوموناس پوتیدا (سویه ۹)، به دست آمد. آنها این افزایش را به توانایی باکتری در افزایش آزاد سازی فسفر از منابع نامحلول نسبت دادند.

میزان روی دانه

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثرات ساده مایکوریزا، آهن و روی و اثرات متقابل دوگانه مایکوریزا × آهن، آهن × روی و اثر سه گانه مایکوریزا × آهن × روی در سطح یک درصد و اثر متقابل دوگانه مایکوریزا × روی در سطح ۵ درصد دارای تفاوت معنی دار می باشند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد، در اثرات ساده بالاترین میزان روی دانه به میزان ۴۱/۰۹، ۲۸/۳۹ و ۶۷/۴۰ پی پی ام به ترتیب از تیمار های *G.intraradices*، ۲/۵ کیلوگرم آهن در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم روی

Archive of SID

www.SID.ir

در هکتار بدست آمد (جدول ۳). بالاترین میزان روی در اثر دوگانه مایکوریزا و آهن از دو تیمار *G. intraradices* و عدم مصرف آهن و *G.intraradices*، ۲/۵ کیلوگرم آهن در هکتار به ترتیب به میزان ۴۲/۱۷ و ۴۲/۹۴ پی پی ام بدست آمد (جدول ۴). بالاترین میزان روی در اثر سه گانه مایکوریزا، آهن و روی به میزان ۵۳/۶۶ پی پی ام از تیمار *G.intraradices*، ۲/۵ کیلوگرم آهن و ۱۰۰ کیلوگرم روی در هکتار بدست آمد (جدول ۵).

به نظر می رسد، ارقام جو با کارآیی بالای استفاده از روی مقدار بیشتری از فیتوسیدروفر را برای افزایش تحرک اشکال کم محلول روی ترشح می کنند (Cakmak *et al.*, 2009). فیتوسیدروفرها، ظرفیت بالایی برای تشکیل پیوند با آهن و روی و افزایش تحرک آن ها در خاک های آهکی دارند (Treeby *et al.*, 1989). نوع غالب فیتوسیدروفر ترشح از ریشه جو و گندم (2- deoxymugineic acid, DMA) در شرایط کمبود روی و آهن مشابه می باشد. در آزمایشات کوتاه مدت، تحت شرایط کنترل شده، ارقام گندم با روی کارایی بیشتر نرخ جذب روی بیشتری نسبتبه ارقام با روی کارایی کمتر داشتند (Cakmak *etal.*, 2009؛ Rengel *etal.*, 1998). Cakmak (2008)، افزایش میزان روی در خاک را سبب افزایش روی دانه گندم و جو اعلام کرده است. با توجه به اینکه افزایش روی در خاک مستقیماً سبب افزایش روی در دانه جو شده است، در این میان تیمار مایکوریزا *G.intraradices* سبب افزایش بیشتر روی در دانه شده است. به خوبی می‌توان توان مایکوریزا را در افزایش میزان روی در دانه مشاهده کرد و می توان گفت مایکوریزا یک عامل مهم در جذب و انتقال عناصر مغذی به گیاه می باشد.

نتایج فوق با نتایج Safapour *et al*(2011) که تیمار مایکوریزا را سبب افزایش جذب روی در لوبیا دانسته اند، همخوانی کامل دارد.

میزان آهن دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، در میان اثرات اثرات ساده و متقابل تنها اثر ساده مایکوریزا در سطح یک درصد و اثر ساده آهن در سطح ۵ درصد معنی دار می باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا و آهن نشان داد، بالاترین میزان آهن دانه به ترتیب به میزان ۲۴/۵۹ و ۲۴/۳۳ پی پی ام از تیمارهای *G.intraradices* و ۲/۵ کیلوگرم آهن در هکتار بدست آمد (جدول ۳). El-Ghandour *et al* (1996) به این نتیجه رسیدند که مایکوریزا سبب افزایش جذب آهن می شود. Miransari *et al* (2009)، افزایش آهن دانه را در تیمارهای گندم تلقیح شده با سویه های مختلف مایکوریزا اعلام کردند و دلیل آن را افزایش سطح جذب مواد مغذی توسط هیف های قارچ مایکوریزا اعلام کردند. Safapour *et al* (2011)، نیز افزایش میزان آهن دانه را در تیمار تلقیح لوبیا با *G.intraradices* اعلام کردند. رضوانی و همکاران (۱۳۸۸)، افزایش میزان آهن در بافت های گیاه یونجه را پس از تلقیح دانه یونجه با مایکوریزا اعلام کرد. حمزه پور و همکاران (۱۳۸۹)، مصرف ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم آهن کلات را دلیل افزایش آهن دانه در گندم اعلام کردند. به علاوه میزان آهن در ساقه و ریشه گندم نیز افزایش یافته بود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر صفات مورد آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)								
		تعداد سنبله در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد کاه	عملکرد بیولوژیک	فسفر	آهن	روی
بلوک	۲	۲۵۷۶/۵۵*	۰/۰۱^{ns}	۸/۰۶**	۰/۰۳^{ns}	۱/۷۰**	۰/۳۰*	۰/۰۳**	۱۰/۸۷^{ns}	۲۰۵/۹۰**
مایکوریزا (M)	۱	۱۰۱۸۲/۷۲**	۲۹۹/۹۷**	۴۹۹/۰۸**	۴/۰۲**	۱/۴۷**	۱۲/۷۰**	۰/۲۷**	۱۰۰/۰۴**	۹۰۸/۸۸**
آهن (F)	۲	۸۴۸/۵۷^{ns}	۴/۹۲^{ns}	۳۶/۹۰**	۰/۱۷**	۰/۰۹^{ns}	۰/۶۸**	۰/۰۰۶^{ns}	۳۱/۵۵**	۷۰/۰۰**
M× F	۲	۵۶۱۹/۴۳**	۹/۰۲^{ns}	۲/۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۱۶^{ns}	۹/۹۶^{ns}	۸۶/۷۹**
روی (Z)	۲	۱۳۵۷/۲۷^{ns}	۰/۷۲^{ns}	۵/۹۷*	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۳۰*	۰/۰۰۷^{ns}	۶/۴۶^{ns}	۲۳۰/۹۵**
M× Z	۲	۹۲/۵۲^{ns}	۲/۸۰^{ns}	۰/۸۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۷۰^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۸/۱۹^{ns}	۲۲/۷۴*
F×Z	۴	۲۲۴۱/۴۶*	۷/۰۷^{ns}	۰/۱۹^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۵/۲۰^{ns}	۱۴۸/۷۳**
M × F × Z	۴	۱۱۵۴/۸۸^{ns}	۳/۸۹^{ns}	۴/۰۷**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۳۰^{ns}	۳۲/۰۰**
خطا	۳۴	۷۷۲/۵۵	۳/۹۲	۲/۱۰	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۰۷	۰/۰۰۷	۵/۱۷	۶/۲۶
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۲۵	۱۲/۰۶	۵/۷۶	۳/۷۳	۱۰/۰۷	۳/۲۲	۶/۷۴	۹/۹۶	۶/۷۲

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده مایکوریزا، آهن و روی بر صفات مورد آزمون

تیمار	تعداد سنبله در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد کاه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	فسفر (٪)	آهن (ppm)	روی (ppm)
M1	۳۳۰/۱۸^{b}	۱۵/۰۹^{b}	۲۵/۴۶^{b}	۲/۹۰^{b}	۳/۲۷^{b}	۵/۴۹^{b}	۱/۱۹^{b}	۲۲/۰۱^{b}	۳۳/۱۱^{b}
M	۳۴۸/۳۱^{a}	۲۱/۹۱^{a}	۳۰/۰۲^{a}	۳/۹۰^{a}	۳/۴۳^{a}	۶/۹۱^{a}	۱/۳۴^{a}	۲۵/۳۱^{a}	۴۱/۳۲^{a}
F1	۳۳۰/۴۲^{a}	۱۶/۹۳^{a}	۲۵/۲۱^{b}	۳/۱۶^{b}	۳/۹۱^{a}	۶/۴۳^{b}	۱/۲۵^{a}	۲۱/۱۱^{b}	۳۵/۷۷^{b}
F2	۳۳۶/۵۸^{a}	۱۸/۰۱^{a}	۲۷/۱۰^{a}	۳/۰۵^{b}	۳/۸۰^{a}	۶/۵۱^{b}	۱/۲۶^{a}	۲۵/۰۲^{a}	۳۹/۴۶^{a}
F3	۳۴۴/۱۳^{a}	۱۷/۹۷^{a}	۲۶/۴۹^{a}	۳/۹۹^{a}	۳/۴۳^{a}	۶/۷۰^{a}	۱/۲۹^{a}	۲۱/۹۸^{b}	۳۶/۴۳^{b}
Z1	۳۲۷/۲۷^{a}	۱۸/۱۱^{a}	۲۵/۷۲^{b}	۳/۱۵^{b}	۳/۳۷^{a}	۶/۳۰^{b}	۱/۲۵^{a}	۲۳/۶۷^{a}	۳۳/۷۵^{c}
Z2	۳۳۹/۹۸^{a}	۱۷/۷۸^{a}	۲۷/۰۳^{a}	۳/۱۸^{ab}	۳/۵۰^{a}	۶/۴۳^{ab}	۱/۲۶^{a}	۲۳/۹۰^{a}	۳۷/۰۱^{b}
Z3	۳۴۳/۸۷^{a}	۱۷/۶۴^{a}	۲۵/۰۱^{b}	۳/۴۰^{a}	۳/۲۹^{a}	۶/۴۹^{a}	۱/۲۹^{a}	۲۲/۸۹^{a}	۴۰/۹۰^{a}

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات متقابل دوگانه عوامل آزمایشی بر صفات مورد آزمون

تیمار	تعداد سنبله در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد کاه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	فسفر (٪)	روی (ppm)	آهن (ppm)
M1F1	۲۹۹/۰۴ ^{c}	۱۳/۹۸ ^{b}	۲۰/۰۹ ^{d}	۲/۸۰ ^{d}	۵/۲۴ ^{d}	۳/۱۱ ^{b}	۲۹/۳۳ ^{d}	۱/۱۸ ^{c}	۱۹/۸۹ ^{c}
M2F1	۳۷۰/۲۱ ^{a}	۱۹/۴۲ ^{a}	۲۶/۹۹ ^{b}	۳/۲۹ ^{b}	۶/۷۸ ^{b}	۳/۸۰ ^{a}	۴۲/۲۰ ^{a}	۱/۳۲ ^{a}	۲۳/۵۶ ^{b}
M2F2	۳۵۱/۱۸ ^{ab}	۱۹/۵۰ ^{a}	۳۱/۴۳ ^{a}	۳/۵۰ ^{ab}	۶/۹۲ ^{ab}	۳/۶۰ ^{ab}	۴۳/۲۷ ^{a}	۱/۳۱ ^{ab}	۲۶/۰۳ ^{a}
M2F3	۳۵۲/۰۸ ^{ab}	۲۱/۲۷ ^{a}	۳۱/۲۰ ^{a}	۳/۹۰ ^{a}	۷/۰۷ ^{a}	۳/۸۵ ^{a}	۳۸/۵۰ ^{b}	۱/۳۹ ^{a}	۲۲/۹۴ ^{b}
M1F2	۳۳۵/۷۲ ^{b}	۱۵/۹۱ ^{b}	۲۲/۹۱ ^{c}	۲/۹۰ ^{d}	۵/۷۳ ^{d}	۳/۲۱۷ ^{b}	۳۵/۶۶ ^{c}	۱/۲۳ ^{bc}	۲۲/۵۴ ^{b}
M1F3	۳۵۰/۷۶ ^{ab}	۱۴/۹۹ ^{b}	۲۲/۸۷ ^{c}	۳/۰۱ ^{c}	۶/۳۲ ^{c}	۳/۴۳ ^{ab}	۳۴/۳۶ ^{c}	۱/۱۹ ^{c}	۲۱/۹۳ ^{bc}
M1Z1	۳۱۱/۳۵ ^{b}	۱۴/۷۳ ^{b}	۲۲/۵۴ ^{c}	۲/۹۰ ^{c}	۳/۳۴ ^{b}	۵/۷۸ ^{c}	۱/۲۱ ^{b}	۲۹/۰۸ ^{e}	۲۰/۴۱ ^{c}
M2Z1	۳۴۳/۱۸ ^{a}	۲۰/۴۶ ^{a}	۲۸/۶۵ ^{b}	۳/۷۰ ^{a}	۳/۹۰ ^{a}	۶/۹۲ ^{a}	۱/۳۰ ^{a}	۳۸/۴۱ ^{bc}	۲۴/۶۵ ^{a}
M2Z2	۳۵۳/۸۷ ^{a}	۱۹/۶۶ ^{a}	۳۰/۰۳ ^{a}	۳/۵۹ ^{a}	۳/۷۱ ^{a}	۶/۸۹ ^{a}	۱/۳۵ ^{a}	۳۹/۸۲ ^{b}	۲۴/۶۴ ^{a}
M2Z3	۳۵۵/۲۶ ^{a}	۲۰/۰۵ ^{a}	۲۹/۴۷ ^{ab}	۳/۶۰ ^{a}	۳/۶۰ ^{a}	۷/۷۰ ^{a}	۱/۳۸ ^{a}	۴۵/۷۴ ^{a}	۲۳/۲۳ ^{ab}
M1Z2	۳۲۶/۱۰ ^{ab}	۱۵/۳۵ ^{b}	۲۳/۴۷ ^{c}	۲/۸۷ ^{bc}	۳/۲۷ ^{b}	۵/۸۰ ^{bc}	۱/۱۷ ^{b}	۳۴/۲۰ ^{d}	۲۲/۳۶ ^{abc}
M1Z3	۳۳۲/۴۸ ^{ab}	۱۵/۷۹ ^{b}	۲۲/۴۵ ^{c}	۳/۰۳ ^{b}	۳/۶۴ ^{ab}	۶/۴۰ ^{b}	۱/۲۱ ^{b}	۳۶/۰۷ ^{cd}	۲۱/۵۹ ^{bc}
F1Z1	۳۲۲/۰۱ ^{c}	۱۵/۷۲ ^{b}	۲۴/۰۲ ^{c}	۳/۰۸ ^{c}	۳/۴۶ ^{a}	۶/۳۰ ^{c}	۳۷/۵۴ ^{bc}	۱/۲۷ ^{ab}	۲۲/۱۹ ^{abc}
F2Z1	۳۴۱/۷۳ ^{abc}	۱۸/۴۰ ^{ab}	۲۶/۳۹ ^{ab}	۳/۰۷ ^{c}	۳/۲۹ ^{a}	۶/۷۳ ^{a}	۳۳/۱۱ ^{de}	۱/۲۱ ^{b}	۲۳/۷۲ ^{ab}
F3Z1	۳۴۰/۷۵ ^{abc}	۱۸/۹۳ ^{ab}	۲۶/۷۶ ^{ab}	۳/۲۲ ^{abc}	۳/۴۵ ^{a}	۶/۴۹ ^{abc}	۳۰/۵۹ ^{e}	۱/۲۸ ^{ab}	۲۱/۶۸ ^{bc}
F1Z2	۳۲۴/۸۰ ^{bc}	۱۷/۵۶ ^{ab}	۲۴/۹۸ ^{bc}	۳/۰۷ ^{c}	۳/۴۹ ^{a}	۶/۴۳ ^{b}	۳۳/۸۱ ^{d}	۱/۲۵ ^{ab}	۲۲/۷۶ ^{abc}
F2Z2	۳۴۱/۵۴ ^{abc}	۱۷/۶۱ ^{ab}	۲۷/۲۹ ^{a}	۳/۱۴ ^{bc}	۳/۳۴ ^{a}	۶/۲۷ ^{ab}	۳۷/۳۲ ^{bc}	۱/۲۷ ^{ab}	۲۵/۱۴ ^{a}
F3Z2	۳۸۹/۱۳ ^{a}	۱۷/۸۷ ^{ab}	۲۷/۴۳ ^{a}	۳/۴۰ ^{ab}	۳/۵۴ ^{a}	۶/۶۳ ^{ab}	۳۲/۹۱ ^{b}	۱/۲۶ ^{ab}	۲۲/۶۰ ^{abc}
F1Z3	۳۷۰/۲۲ ^{ab}	۱۶/۹۹ ^{ab}	۲۴/۰۷ ^{c}	۳/۰۱ ^{c}	۳/۴۸ ^{a}	۶/۲۷ ^{ab}	۳۵/۹۵ ^{cd}	۱/۲۳ ^{ab}	۲۰/۲۲ ^{c}
F2Z3	۳۴۰/۹۲ ^{abc}	۱۷/۰۲ ^{ab}	۲۷/۳۰ ^{a}	۳/۳۱ ^{abc}	۳/۵۲ ^{a}	۶/۵۷ ^{ab}	۴۷/۹۷ ^{a}	۱/۳۲ ^{ab}	۲۳/۹۹ ^{ab}
F3Z3	۳۷۱/۰۵ ^{ab}	۲۰/۱۷ ^{a}	۲۶/۸۹ ^{a}	۳/۸۹ ^{a}	۳/۶۱ ^{a}	۶/۲۸ ^{ab}	۳۸/۷۹ ^{bc}	۱/۳۳ ^{a}	۲۳/۰۲ ^{abc}

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه مایکوریزا، آهن و روی بر صفات مورد آزمون

تیمار	تعداد سنبله در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن در هکتار)	عملکرد کاه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	فسفر (٪)	آهن (ppm)	روی (ppm)
M1F1Z1	۲۶۴/۴۴ c	۱۱/۵۲ h	۱۹/۹۰ g	۲/۷۰ g	۳/۱۲ b	۵/۴۳ g	۱/۲۰ cdef	۱۹/۴۵ d	۲۹/۲۱ f
M1F1Z2	۲۸۵/۶۷ bc	۱۵/۳۱ fgh	۲۲/۵۷ efg	۲/۸۷ fg	۳/۱۸ ab	۵/۷۹ fg	۱/۱۸ def	۲۱/۰۶ bcd	۲۷/۹۱ f
M1F1Z3	۳۳۸/۷ ab	۱۶/۷۵ cdefg	۲۱/۳۲ fg	۲/۸۶ fg	۳/۱۴ ab	۵/۸۱ fg	۱/۱۶ ef	۱۹/۱۶ d	۳۰/۸۸ f
M1F2Z1	۳۴۰/۳۹ a	۱۶/۶۱ cdefg	۲۳/۱۱ e	۲/۷۸ g	۳/۰۹ b	۵/۶۷ g	۱/۲۲ cdef	۲۱/۲۰ bcd	۲۸/۱۴ f
M1F2Z2	۳۳۴/۵۳ ab	۱۶/۵۷ defgh	۲۳/۱۳ e	۲/۸۵ fg	۳/۳۸ ab	۵/۷۸ fg	۱/۲۱ cdef	۲۳/۵۸ abcd	۳۷/۰۸ de
M1F2Z3	۳۲۲/۵۶ ab	۱۵/۳۴ fgh	۲۲/۱۳ efg	۳/۱۰ def	۳/۴۴ ab	۶/۲۴ def	۱/۲۵ bcdef	۲۲/۸۵ abcd	۴۱/۷۷ bcd
M1F3Z1	۳۲۹/۲۲ ab	۱۵/۴۲ fgh	۲۲/۲۳ ef	۲/۹۷ efg	۳/۳۷ ab	۵/۹۸ efg	۱/۲۲ cdef	۲۰/۵۸ cd	۲۹/۹۰ f
M1F3Z2	۳۵۸/۰۹ a	۱۴/۷۳ gh	۲۴/۷۸ e	۳/۰۷ efg	۳/۴۳ ab	۶/۱۹ efg	۱/۱۳ f	۲۲/۴۳ abcd	۳۷/۶۲ cde
M1F3Z3	۳۳۶/۱۱ ab	۱۵/۴۹ efgh	۲۴/۳۷ e	۳/۱۷ cde	۳/۵۵ ab	۶/۳۸ cde	۱/۲۲ cdef	۲۲/۷۸ abcd	۳۵/۵۵ e
M2F1Z1	۳۶۲/۰۰ a	۱۹/۵۸ abcd	۲۷/۴۸ d	۳/۴۰ abc	۳/۷۶ a	۶/۸۲ abc	۱/۳۵ abc	۲۴/۹۲ abc	۴۵/۸۸ b
M2F1Z2	۳۵۷/۶۲ a	۱۹/۷۱ abcd	۲۷/۸۷ cd	۳/۳۸ abc	۳/۸۲ a	۶/۸۲ abc	۱/۳۳ abcde	۲۴/۴۶ abc	۳۹/۷۱ cde
M2F1Z3	۳۷۴/۰۰ a	۱۹/۰۴ bcdef	۲۶/۹۲ d	۳/۳۳ bcd	۳/۷۰ ab	۶/۶۸ bcd	۱/۳۰ abcde	۲۱/۲۹ bcd	۴۱/۰۱ cd
M2F2Z1	۳۴۸/۵۵ a	۲۰/۶۹ abc	۲۸/۸۱ cd	۳/۳۸ abc	۳/۵۴ ab	۶/۸۳ abc	۱/۲۰ cdef	۲۶/۲۴ a	۳۸/۰۸ cde
M2F2Z2	۳۵۰/۷۸ a	۱۹/۳۸ abcde	۳۰/۷۳ ab	۳/۵۲ ab	۳/۴۹ ab	۶/۸۵ abc	۱/۳۱ abcde	۲۶/۷۱ a	۳۷/۵۶ cde
M2F2Z3	۳۲۲/۶۷ ab	۱۸/۰۵ bcdefg	۳۲/۴۱ a	۳/۴۴ ab	۳/۵۴ ab	۷/۰۲ ab	۱/۴۰ ab	۲۵/۱۴ ab	۵۴/۱۷
M2F3Z1	۳۱۹/۰۰ ab	۲۱/۴۰ ab	۲۹/۶۵ bc	۳/۳۹ ab	۳/۵۶ ab	۷/۱۳ ab	۱/۳۴ abcd	۲۲/۷۷ abcd	۳۱/۲۷ f
M2F3Z2	۳۵۳/۲۲ a	۱۹/۶۲ abcd	۳۱/۲۳ ab	۳/۴۹ ab	۳/۶۰ ab	۷/۱۷ ab	۱/۳۹ ab	۲۲/۷۸ abcd	۴۲/۲۰ bc
M2F3Z3	۳۶۹/۱۱ a	۲۵/۶۰ a	۲۹/۶۴ bc	۳/۷۱ a	۳/۶۸ ab	۷/۵۰ a	۱/۴۳ a	۲۳/۲۶ abcd	۴۲/۰۴ bc

در هر ستون و برای هر عامل، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

نتیجه گیری کلی

در این پژوهش شاهد هستیم که بالاترین میزان آهن در تیمار *G.intraradices* و ۲/۵ کیلوگرم آهن در هکتار بدست آمده است و در بین اثرات سه گانه آهن، روی و مایکوریزا بالاترین میزان روی از تیمار *G.intraradices*، ۲/۵ کیلوگرم آهن و ۱۰۰ کیلوگرم روی حاصل گردید. می توان اینگونه استنباط کرد که آهن برای ورود به ساختار گیاه تحت تأثیر افزاینده جذب مهمی مثل مایکوریزا قرار گرفته و به سهولت وارد بافت های گیاه شده است و تفاوتی در حدود ۳ پی پی ام نیز بین تیمار مصرف مایکوریزا و شاهد آن در این صفت وجود دارد. علاوه بر این تفاوت بیش از ۸ پی پی ام در تیمار مصرف و عدم مصرف مایکوریزا در عنصر روی مشاهده شد که این مهم نقش پر رنگ مایکوریزا را به عنوان افزاینده جذب نشان می دهد. با توجه اینکه هدف از این پژوهش بررسی غنی سازی زراعی جو با آهن و روی به وسیله مایکوریزا می باشد، می توان اذعان داشت، هدف اصلی تحقیق تا حدود زیادی برآورده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

تشکر و قدردانی

نگارندگان بر خود واجب می دانند بـدین وسـیله از حمایت های دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک تشـکر نمایند. لازم به ذکر است این طرح پژوهشی به طور کامل با حمایت مالی دانشـگاه آزاد اسـلامی اراک و معاونت پژوهشی این واحد انجام شده است.

منابع

اردکانی، م. ر.، ف. مجد، د. مظاهری و ق. نورمحمدی. ۱۳۸۰. بررسی کارآیی آزسپریلوم، مایکوریزا، استرپتومایسس به همراه مصرف کود دامی در گندم با استفاده از فسفر ۳۲. علوم زراعی ایران، جلد ۳(۱): ۱۰۰-۱۰۹.

اشرفی، ح. ۱۳۹۱. تأثیر ورمی کمپوست و روی بر عملکرد کمی و کیفی جو. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی اراک. ۱۱۰ ص.

پهلوان راد، م. ر.، غ. م کیخا و م. ر. ناروئی راد. ۱۳۸۷. تاثیر کاربرد روی، آهن و منگنز بر عملکرد، اجزای عملکرد، غلظت و جذب عناصر غذایی در دانه گندم. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۲ (۷۹): ۱۴۲-۱۵۰.

حسن زاده، ا.، د. مظاهری، م. ر. چایی چی و ک. خاوازی. ۱۳۸۶. کارایی مصرف باکتری های تسهیل کننده جذب فسفر و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزا عملکرد جو. پژوهش و سازندگی. شماره ۷۷ :۱۱۱-۱۱۸.

حسین آبادی، ع.، م. گلوی و م، حیدری. ۱۳۸۵. مطالعه اثرات محلول پاشی آهن، روی و منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی گندم هامون در منطقه سیستان. یافته های نوین کشاورزی، سال اول، شماره ۲: ۹۰-۹۷.

حمزه پور، ن.، م. ج. ملکوتی و ع. مجیدی. ۱۳۸۹. برهمکنش عناصر روی، آهن و منگنز در اندام های مختلف گندم. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). الف، جلد ۲۴، شماره ۱: ۱-۸.

رضوانی، م.، م. ر. اردکانی، ف. رجالی، ق. نورمحمدی، ف. زعفریان و س. تیموری. ۱۳۸۸. تاثیر سویه های مختلف قارچ های میکوریزا روی ویژگی های ریشه و غلظت فسفر، پتاسیم، روی و آهن یونجه. دانش نوین کشاورزی. ۵ (۱۵): ۵۵-۶۶.

صفاپور، م.، م. ر.، اردکانی، ف. رجالی، ش. خاقانی و م. تیموری. ۱۳۹۰. تاثیر تلقیح دوگانه مایکوریزا و ریزوبیوم بر عملکرد سه رقم لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.).یافته های نوین کشاورزی، ۵ (۱): ۷۸-۸۴.

کاظمی پشت مساری، ح.، ح. ا. پیردشتی و م. ع. بهمنیار. ۱۳۸۶. مقایسه اثرات کودهای فسفره و زیستی بر ویژگی های زراعی دو رقم باقلا (*Vicia faba* L.). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴ (۶): ۲۰-۲۹.

فتحی، ق. و م. ر. عنایت قلی زاده .۱۳۸۸. تأثیر کودهای کم مصرف آهن، روی و مس بر رشد و عملکرد ارقام جو در شرایط آب و هوایی خوزستان. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱ (۱): ۴۱-۲۸.

نادیان، ح. و الف. س. جعفری. ۱۳۸۴. اثر همزیستی میکوریزایی بر روی عملکرد کمی و کیفی گیاه نیشکر. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. ۲: ۱۰۴-۱۰۳.

Archive of SID

www.SID.ir

هزاوه، ه. ۱۳۹۱. بررسی امکان غنی سازی جو (*Hordeum vulgare* L.) نسبت به عناصر آهن و روی با استفاده از همزیستی مایکوریزایی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی اراک. ۱۶۸ ص.

Andreini, C. 2006. Zinc through the three domains of life. J. Proteome Res. 5: 3173-3178.

Audet, P. and C. Charest. 2006. Effects of AM colonization on "wild tobacco" plants grown in zinc-contaminated soil. J. Mycorrhiza. 16: 277–283.

Broadley, M. R. 2007. Zinc in plants. J. New Phytol. 173: 677-702.

Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? J. Plant Soil. 302: 1-17.

Cakmak, I. 2009. Enrichment of fertilizers with zinc: An excellent investment for humanity & crop production in India. J. trace elements in medicine and biology. 23: 281-289.

Cakmak. I., K.Y. Gulut, H. Marschner, and R. D. Graham. 1994**.** Effect of zinc & iron deficiency on phytosiderophore release in wheat genotypes differing in zinc efficiency. J. Plant Nutr. 17: 1-17.

Cohen, A.T., P. Mariella, and P. Patricia. 2007. Effect of Azospirillum & Azotobacter fertilizer on bean plants. International Plant Growth substances Association 19th annual meeting. Puerto Vallarta, Mexico-July, 21-25.

Coleman, J. E. 1998**.** Zinc enzymes. Curr. Opin. Chem. Biol. 2: 222-234.

Davies, F. T., J. D. Puryear, R. J. Newton, J. N. Egilla, and J. A. Saraiva Grossi. 2001. Mycorrhizal fungi enhance accumulation and tolerance of chromium in sunflower (*Helianthus annuus*). J. Plant Physiol. 158: 777-786.

El-Ghandour, I. A., M. A. El-Sharawy, and E. M. Abdel-Moniem. 1996. Impact od vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium* on the growth and P, N and Fe uptake by faba-bean. J. Fertilizer Research. 43: 43-48.

Gholami, A., S. Shahsavani, and S. Nezarat. 2009. The effect of plant Growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on germination seedling growth and yield of maize. world academy of science Engineering and Technology. 49: 19-24.

Graham, A. and G. K. Mcdonald. 2000. Effects of zinc on hotosynthesis and yield of wheat under heat stress. Aust. Agron. Conf, 27-33.

Halliwell, B. and J. M. C. Gutteridge. 1992. Biologically relevant metal ion dependent hydroxyl radical generation. J. FEBS Lett. 307: 108-112.

Hovsepyan, A. and S. Greipsson. 2004. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on phytoextraction by corn (*Zea mays*) of leadcontaminated soil. Int. J. Phytoremediation. 6: 305-321.

Joner, E. J., R. Briones, and C. Leyval. 2000. Metal-binding capacity of arbuscular mycorrhizal mycelium. Plant Soil. 226: 227-234.

Kathleen, K., R. Tresede, and A. Cross. 2006. Global Distributions of *Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. J. Ecosystems. 9: 305-316.

Khaliq, A. and F. E. Sanders. 2000. Effects of vesicular arbuscular mycorrhizal inoculation on the yield and phosphorus uptake of field-grown barley. J. Soil Biol. & Biochem. 32: 1691-1696.

Kramer, U. and S. Clemens. 2006. Functions and homeostasis of zinc, copper, and nickel in plants, molecule. In Molecular Biology of Metal Homeostasis and Detoxification. From Microbes to Man (Tamas, M.J. and Martinoia, E., eds). Springer. 216-271.

Archive of SID

www.SID.ir

Mohammad. M. J., H. Malkawi, and R. Shibli. 2003**.** Effect od mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of Barley grown on soils with different levels of salts. J. of plant nut. 26(1): 125-137.

Morton, J. B. and G. L. Benny. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (*Zygomycetes*): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae, with an emendation of *Glomaceae*. J. Mycotaxon. 37: 471-491.

Nourinia, A. A., E. Faghani, F. Rejali, A. Safarnezhad, and M. R. **Abbasi.** 2007**.** Evaluation Effects of Symbiosis of Mychorrhiza on Yield Components & Some Physiological Parameters of Barley Genotypes Under Salinity Stress. Asian J. of Plant Sci. 6 (7): 1108-1112.

Oyetunji. O. J., I. J. Ekanayake, O. Osonubi, and O. Lyasse. 2004**.** Cassava macro and micronutrient uptake and partitioning in alley cropping as influenced by *Glomus spp.* in sub-humid tropics and it's impact on productivity. The Int. Ins. of Trop. Agric. 10: 34-39.

Paradis, R., Y. Dalpe, and C. Charest. 1995. The effects of arbuscular mycorrhizae and low temperature on wheat. J. New. Phyt.129: 637-642.

Rengel, Z., H. Marschner, and V. Romheld. 1998. Uptake of zinc and iron by wheat genotypes differing in zinc efficiency. J. Plant Phys. 152: 433-438.

Rufyikiri, G., Y. Thiry, and S. Declerck. 2003**.** Contribution of hyphae and roots to uranium uptake & translocation by arbuscular mycorrhizal carrot roots under root-organ culture conditions. J. New Phyt. 158: 391-399.

Rufyikiri, G., Y. Thiry, L. Wang, B. Delvaux, and S. Declerck. 2002**.** Uranium uptake and translocation by the arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus intraradices*, under root-organ culture conditions. J. New Phyt. 156: 275-281.

Leyval, C., K. Turnau, and K. Haselwandter. 1997. Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological, and applied aspects. J. Mycorrhiza. 7: 139-153.

Mahmoud, A. R., M. EL-Desuki, and M. Abdol-Mouty. 2010. Response of snap Been plants to Bio fertilizer & tntrogen Level application. Int. J. of Academic Res. 2(3): 179-183.

Malakouti, M. J. 2007**.** Zinc is a neglected element in the life cycle of plants. Mid. East. & Russian J. of plant sci. & biotech. 1(1): 1-12.

Manskem, G. B., A. Luttger, R. K. Behl, and P. G. Vlekand, M. Cimmit. 2000. Enhancement of mycorrhiza (VAM) infection, nutrient efficiency and plant growth by Azotobacter chroococcum in wheat. J. Plant Breeding. 13: 78-83.

Marschner, H. 1998**.** Role of root growth, arbuscular mycorrhiza and root exudates for the efficiency in nutrient acquisition. J. Field crops Res. 56: 203-207.

Mehrvarz, S., M. R. Chaichi, and H. A. Alikhani. 2008. Effects of Phosphate Solubilizing Microorganisms & Phosphorus Chemical Fertilizer on Yield & Yield Components of Barely (*Hordeum vulgare* L.). Am-Eu J. Agric. & Environ. Sci. 3(6): 822-828.

Miransari, M., H. A. Bahrami, F. Rejali, and M. J. Malakouti. 2009. Effects of arbuscular mycorrhiza, soil sterilization, & soil compaction on wheat (*Triticum aestivum* L.) nutrients uptake. J. Soil & Till. Res. 104: 48-55.

Misson, J., K. Raghothama, A. Jain, J. Jouhet, M. Block, R. Bligny, P. Ortet, A. Creff, S. Somerville, and N. Rolland. 2005. A genome-wide transcriptional analysis using Arabidopsis thaliana affymetrix gene chips determined plant responses to phosphate deprivation. J. Proc. Natl .Acad. Sci. 102: 11934-11939.

Archive of SID

www.SID.ir

Walter, A., V. Romheld, H. Marschner, and S. Mori. 1994. Is the release of phytosiderophores in zinc-deficient wheat plants a response to impaired iron utilization? J. Physiol. Plant. 92: 493-500.

Wenger, K. S., K. Gupta, G. Furrer, and R. Schulin. 2002. Zinc extraction potential of two common crop plants, Nicotiana tabacum and Zea mays. J. New Phytol. 242: 217-225.

Xu, X. M. and S. G. Moller. 2008. Iron–sulfur cluster biogenesis systems and their crosstalk. J. Chembiochem. 9: 2355-2362.

Zhang, F., V. Romheld, and H. Marschner. 1989. Effects of zinc deficiency in wheat on the release of zinc and iron mobilizing exudates. J. Plant Nutr. Soil Sci. 152: 205-210.

Safapour, M., M. R. Ardakani, and Sh. Khaghani. 2011. Response of yield & yield components of three red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to co-inoculation with *Glomus intraradices* and *Rhizobium phaseoli*. Am. Eu. J. Agric. & Environ, Sci. 11(3): 398-405.

SAS Institute. 2004. The SAS System for Windows. Release 9.1.3. SAS Inst., Cary, NC. USA.

Subramanian, K. S., C. Charest, L. M. Dwyer, and R. I. Hamilton. 1997. Effects of arbuscular-mycorrhizas on leaf water potential, sugar and P contents during drought and recovery of maize. Can. J. Bot. 75: 1582-1591.

Treeby, M., H. Marschner, and V. Römheld. 1989. Mobilization of iron and other micronutrient cations from a calcareous soil by plant borne, microbial and synthetic metal chelators. J. Plant Soil. 114: 217-226.

Archive of SID

www.SID.ir