یافته های نوین کشاورزی
سال نهم- شماره۳- بهار ۱۳۹٤

اثر غنی سازی مایکوریزایی به کمک ترکیبات روی و آهن در گیاه جو

شهاب خاقانی*، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک، گروه زراعت و اصلاح نباتات، اراک، ایران.
محمدرضا اردکانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت و اصلاح نباتات، کرج، ایران.

چکیده

از دلایل عمده پایین بودن عملکرد کمی و کیفی عدم توجه به تغذیه کودی ریز مغذی مناسب در کشت غلات و دیگر محصولات زراعی می باشد. به همین منظور جهت بررسی تاثیر آهن و روی بر صفات زراعی جو مایکوریزایی 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. کاشت در تاریخ ۲۰ مهرماه سال ۹۲ و به صورت دستی انجام گرفت. ۲ سطح قارچ مایکوریزا شامل سطح صفر (بدون مصرف)، سویه *Glomus intraradices* به میزان ۱۰ کیلوگرم گرم در هکتار به صورت خاک مصرف، 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 بود. بررسی اثر ساده مایکوریزا روی عملکرد دانه نشان داد بالاترین میزان عملکرد دانه با ۳/۹۰ تن در هکتار از تیمار *G. intraradices* به‌دست آمد و بالاترین عملکرد کاه با ۳/٤۳ تن در هکتار از همین تیمار حاصل شد. اثرات ساده مایکوریزا، روی و آهن روی عملکرد بیولوژیک نشان داد بالاترین مقدار این صفت به میزان ٦/۹۱، ٦/۷۰ و ٦/٤۹ تن در هکتار به ترتیب از تیمارهای *G. intraradices*، ۵ کیلوگرم آهن در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم روی در هکتار به‌دست آمد.

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

---

* نویسنده مسئول: E-mail: sh-khaghani@iau-arak.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۹۳/۱۲/۱۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۹٤/۵/۵

مقدمه

کمبودهای روی (Zn) و آهن (Fe) از جمله مسائل ثابت شده سلامت، و عامل مهم محدودیت خاک در تولید محصول می‌باشند. معمولاً همپوشانی جغرافیایی نزدیکی بین کمبود خاک و کمبود روی و آهن انسانی وجود دارد که بیانگر اهمیت بسیار برای افزایش میزان ریزمغذی‌ها در محصولات غذایی می‌باشد. اصلاح نژاد ژنوتیپ‌های جدید گیاهی برای مقادیر بالا آهن و روی در غلات (غنی سازی از طریق به‌نژادی) مقرون به صرفه ترین استراتژی برای مطرح کردن این مساله است، اما این استراتژی، فرآیندی بلند مدت است. از این رو روش سریع و مکمل برای غنی‌سازی محصولات غذایی با آهن و روی در کوتاه مدت لازم است. در این لحاظ، استراتژی کود شیمیایی (غنی‌سازی زراعی) شیوه موثری را برای غنی‌سازی محصولات غذایی ارائه می کند. عمدتاً کودهای Zn تاثیر زیادی در غنی‌سازی دانه‌ها غلات با روی دارند (۷).

همزیستی مایکوریزایی یک همزیستی قدیم بین ریشه گیاهان و قارچ هاست (۳۲). این اعتقاد وجود دارد که همزیستی مایکوریزایی در ۹۰ ٪ گیاهان و خاک‌ها به وجود می آید. این همزیستی به صورت معنی‌دار مقاومت به خشکی، جذب مواد مغذی، مقاومت به استرس‌های حرارتی و در مواردی مقاومت به آلودگی عناصر سنگین را افزایش می‌دهد (۱٦، ۲۰، ۳٤ و ۳۷). برخی مطالعات نشان داده‌اند که کلنیزاسیون قارچ مایکوریزا جذب و اسمیلاسیون عناصر سنگین را در گیاه میزبان افزایش می‌دهد. با این حال که حدس زده می‌شود قارچ‌های مایکوریزا از طریق تراوشات آنزیمی در انتقال دوباره سبب بازگشت این عناصر به خاک شوند و میزان این عناصر را در خاک کاهش دهند (۲۲ و ۲٦). قارچ‌های مایکوریزا از طریق افزودن مواد مغذی به گیاهان سود می‌رسانند و از این طریق به مقاومت گیاه به تنش های احتمالی کمک می‌کنند (۳۸). روی یک عنصر ضروری برای موجودات با قابلیت ایجاد سمیت است. روی بعد از نیتروژن و فسفر سومین عنصری است که کمبود آن در عناصر غذایی دیده می‌شود. کمبود روی یکی از متداول ترین کمبود ریزمغذی‌ها 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 ٦۰٪ خاک‌های زراعی ایران دچار کمبود روی هستند که این باعث کاهش ۵۰٪ عملکرد محصول شده است. در بیش از ۸۰٪ خاک‌های زراعی ایران غلظت روی قابل استفاده از طریق عصاره گیری DPTA کمتر از یک میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد (۲۸). این عنصر به عنوان کوفاکتور بیش از ۳۰۰ آنزیم است، نقش ساختاری در پروتئین ها دارد و یک عامل مهم در رونویسی ژن‌هاست (۱۵، ۱۷، ۱۹ و ۲۵).

از این رو مهمترین هدف این تحقیق بررسی افزایش میزان روی و آهن در بافت های گیاهی و در نهایت افزایش رشد گیاه توسط این دو عنصر به وسیله همزیستی مایکوریزایی می باشد.

مواد و روش ها

به منظور تعیین تأثیر کودهای زیستی میکروبی و ریز مغذی‌ها بر صفات ریشه جـو تحقیقـی در پـاییز سال ۱۳۹۲ در شهرستان کرج به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سـه تکرار بر روی گیاه جو رقم بهمن (ضد عفونی نشده) اجرا شد.

قبل از کاشت یک نمونه خاک (از هفت قسمت زمین به عمق ۳۰ سانتی‌متر) تهیه و به آزمایشگاه خاک ارسال شد و آزمایش خاک کامل جهت تشخیص میزان عناصر ماکرو و میکرو روی آن صورت گرفت (جدول ۱). سطح قارچ مایکوریزا شامل سطح صفر (بدون مصرف)، سویه *Glomus intraradices* به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار به صورت خاک مصرف در کنار بذر جو که از مرکز تحقیقات خاک و آب کشور تهیه شد (بنا بر اعلام موسسه خاک و آب کشور در هر گرم خاک ۱۲۰ اسپور فعال مایکوریزا وجود دارد). 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 بود. کرت ها به ابعاد ٦×۱/۸۰ متر، فاصله ردیف های ٦۰ سانتی متر (در هر کرت ۳ ردیف کاشت) فاصله میان هر تکرار ۲/٤۰ متر بود. جهت کشت بر مبنای ۳۰۰ بوته در متر مربع برای هر کرت ۲۵۰ گرم بذر در نظر گرفته شد. نمونه برداری جهت بررسی صفات مورد مطالعه در این آزمایش در هنگام رسیدگی کامل صورت گرفت.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

عمق نمونه برداری (cm)	درصد اشباع	E.C. ($ds.m^{-1}$)	pH	روی	آهن	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	شن (٪)	رس (٪)
				$mg.kg^{-1}$						
۳۰-۰	۳۷/۵	۱/٤	۷/۱	۲/۲۸	۱/٤۸	۰/۱	۸/۳۰	۳۰۵	۲۱	۳۵

داده های به دسـت آمـده بـا اسـتفاده از نـرم افـزار SAS تجزیـه واریـانس گردیـد و مقایسـه میـانگین ها نیز با آزمون Duncan انجـام شـد (۳٦). جهـت رسـم نمـودارهـا از نـرم افـزار مایکروسـافت آفـیس و برنامه Excel استفاده شد (۳۱).

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس اثرات ساده مایکوریزا و آهن در سطح۵ ٪ معنی‌دار می‌باشـد و در سـایر اثـرات ساده و متقابل تفاوت معنی‌دار وجود ندارد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا و آهـن نشـان

داد بالاترین ارتفاع بوته به ترتیب به میزان ٦۰/۰۳ و ٦۰/۳۷ از تیمار مصرف مایکوریزا سویه G.intraradices و مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار آهن بدست آمد (جدول ۳).

ارتفاع بوته اگرچه تحت تاثیر عوامل ژنتیکی قرار دارد اما تحت تاثیر عوامل زراعی مثل تغذیه نیز قرار می‌گیرد. مطابق نتایج تیمار G.intraradices سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته گردیده است. افزایش میزان فسفر قابل جذب به عنوان یک عنصر تأثیرگذار در تقسیم‌های سلولی در محیط که نتیجه فعالیت قارچ‌های مایکوریزا هست را می توان در وقوع این اتفاق موثر دانست. صفاپور و همکاران (۱۳۹۰) تاثیر معنی‌دار تیمار G.intraradices را در افزایش اندازه ارتفاع بوته لوبیا مثبت ارزیابی کردند. افزایش ارتفاع در تیمار مصرف ۵ کیلوگرم آهن در هکتار را می‌توان به افزایش فتوسنتز ناشی از افزایش آهن در محیط کشت گیاه مرتبط دانست. پهلوان راد و همکاران (۱۳۸۷) تاثیر آهن کلات را در افزایش ارتفاع بوته اعلام کردند. فتحی و قلی زاده (۱۳۸۷) نیز افزایش ارتفاع جو را پس از تیمار آهن اعلام کردند. به طور کلی ارتفاع گیاه عمدتاً یک صفت ژنتیکی است و به طور نسبی از پایداری برخوردار است، با این حال عوامل محیطی به ویژه نور بر آن اثر قابل ملاحظه ای دارد.

قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر ساده مایکوریزا و آهن (در سطح ۱٪) اثر متقابل دوگانه مایکوریزا×آهن (در سطح ۱٪) و اثر متقابل سه گانه مایکوریزا×آهن×روی در سطح۵٪ دارای تفاوت معنی‌دار می باشد (جدول۲). مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا و آهن نشان داد بالاترین میزان قطر ساقه به میزان ۰/۱٤ از تیمار مصرف مایکوریزا سویه G.intraradices و مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار آهن به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر دوگانه مایکوریزا×آهن نشان داد بالاترین قطر ساقه به میزان ۰/۱۷ میلی‌متر از تیمار G.intraradices و مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار آهن به‌دست آمد (نمودار۱). بالاترین قطر ساقه در اثرات سه گانه هم از تیمار G.intraradices، مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار آهن و ۵۰ کیلوگرم روی در هکتار به میزان ۰/۱۸ میلی متر به‌دست آمد (نمودار۱). افزایش مواد مغذی در محیط رشد گیاه شامل آهن روی و فسفر سبب افزایش معنی‌دار این صفت شده است. صفت قطر ساقه از جمله صفاتی است که به شدت تحت تاثیر تیمار کودی قرار می‌گیرد و مصرف یا عدم مصرف نهاده ها در تغییر اندازه آن موثر است. قاسمی و همکاران (۱۳۸۳) تاثیر تیمار کودی فسفر را در افزایش میزان قطر ساقه اعلام کرد. صفاپور و همکاران (۱۳۹۰) نیز افزایش قطر ساقه لوبیا را پس از تیمار G.intraradices اعلام کردند. سیدشریفی (۱۳۸۷) مصرف کلات آهن را در افزایش قطر ساقه گندم مثبت ارزیابی کرد. مشیری و همکاران (۱۳۸۹) افزایش قطر ساقه ارقام گندم را پس از تیمار سولفات روی اعلام کردند.

تعداد سنبله در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد در میان اثرات اثرات ساده و متقابل تنها اثر ساده مایکوریزا در سطح ۱٪ و اثر متقابل آهن و روی در سطح ۵ ٪ معنی‌دار می باشد (جدول۲). مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا و اثر متقابل آهن و روی نشان داد بالاترین تعداد سنبله در بوته به ترتیب به تعداد ۹٤٤ و ۹۵٦/۳۳ عدد از تیمارهای G.intraradices و ۵ کیلوگرم آهن و ۲۵ کیلوگرم روی در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳ و نمودار ۱). خالق و ساندرس (۲۰۰۰) 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 (۱۳۹۲) 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 های سلولی سبب افزایش رشد گیاه شده و صفت تعداد سنبله در بوته به عنوان یک صفت تاثیر گذار در عملکرد گیاه را افزایش داده است.

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد سنبله در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکردکاه	عملکرد بیولوژیک
بلوک	۲	۰/۹۱ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۳ $^{n.s}$	۲۵۷٦/۵۵ *	۰/۰۱ $^{n.s}$	۸/۰٦ **	۰/۰۳ $^{n.s}$	۱/۷۰ **	۰/۳۰ *
مایکوریز (M)	۱	۳۱/۸۰ *	۰/۰۱۳ **	۱۰۱۸۲/۷۲ **	۲۹۹/۹۷ **	٤۹۹/۰۸ **	٤/۰۲ **	۱/٤۷ **	۱۲/۷۰ **
آهن (F)	۲	۲۰/۹۵ *	۰/۰۰۱ **	۸٤۸/۵۷ $^{n.s}$	٤/۹۲ $^{n.s}$	۳٦/۹۰ **	۰/۱۷ **	۰/۰۹ $^{n.s}$	۰/٦۸ **
M× F	۲	۱۲/۰۹ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۸ **	۵٦۱۹/٤۳ **	۹/۰۲ $^{n.s}$	۲/۰۱ $^{n.s}$	۰/۰۰۱ $^{n.s}$	۰/۲۰ $^{n.s}$	۰/۰۰۲ $^{n.s}$
روی (Z)	۲	۱٤/۰۸ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۲ $^{n.s}$	۱۳۵۷/۲۷ $^{n.s}$	۰/۷۲ $^{n.s}$	۵/۹۷ *	۰/۰۵ $^{n.s}$	۰/۰٦ $^{n.s}$	۰/۳۰ *
M× Z	۲	۱۱/۹۳ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۱ $^{n.s}$	۹۲/۵۲ $^{n.s}$	۲/۸۰ $^{n.s}$	۰/۸۹ $^{n.s}$	۰/۰۱ $^{n.s}$	۰/۰۷ $^{n.s}$	۰/۷۰ $^{n.s}$
F×Z	٤	٤/۰۹ $^{n.s}$	۰/۰۰۰۳ $^{n.s}$	۲۲٤۱/٤٦ *	۷/۰۷ $^{n.s}$	۰/۱۹ $^{n.s}$	۰/۰۲ $^{n.s}$	۰/۰۳ $^{n.s}$	۰/۰۸ $^{n.s}$
M × F × Z	٤	۲/۸۸ $^{n.s}$	۰/۰۰۰٤ *	۱۱۵٤/۸۸ $^{n.s}$	۳/۸۹ $^{n.s}$	٤/۰۷ **	۰/۰۰۱ $^{n.s}$	۰/۰۰۸ $^{n.s}$	۰/۰۰٤ $^{n.s}$
خطا	۳٤	۵/۰۱	۰/۰۰۰۱	۷۷۲/۵۵	۳/۹۲	۲/۱۰	۰/۰۱	۰/۱۰	۰/۰۷
ضریب تغییرات (٪)		۳/۱۰	۷/۲۲	۸/۲۵	۱۲/۰٦	۵/۷٦	۳/۷۳	۱۰/۰۷	۳/۲۲

**، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ ، ۵٪ و غیر معنی‌دار

تعداد دانه در سنبله

نتایج نشان داد تجزیه واریانس اثر ساده مایکوریزا در سطح۱٪ معنی‌دار می‌باشد و در سایر اثرات ساده و متقابل تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا نشان داد بالاترین تعداد دانه در سنبله به ترتیب به میزان ۲۰/۰٦ از تیمار مصرف مایکوریزا سویه G.intraradices به‌دست آمد (جدول۳). مهرورز و همکاران (۲۰۰۸) تاثیر 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. نوری نیا و همکاران (۲۰۰۷) در

بررسی تاثیر مایکوریزا بر عملکرد جو تحت شرایط تنش شوری اعلام کردند مایکوریزا سبب افزایش تعداد دانه در سنبله در تیمارهای تحت تنش می‌شود و بدین ترتیب عملکرد نهایی گیاه افزایش می‌یابد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر ساده مایکوریزا، آهن (در سطح ۱٪) و روی (در سطح ۵٪) دارای تفاوت معنی‌دار می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا و آهن و روی نشان داد بالاترین میزان وزن هزار دانه به ترتیب با ۲۹/۳۸، ۲٦/۹۹ و ۲٦/۷۵ از تیمار مصرف مایکوریزا سویه G.intraradices و مصرف ۲/۵ کیلوگرم در هکتار آهن و ۲۵ کیلوگرم روی به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر سه گانه مایکوریزا×آهن×روی نشان داد بالاترین وزن هزار دانه به میزان ۳۱/۸٦ گرم از تیمار G.intraradices و مصرف ۲/۵ کیلوگرم در هکتار آهن و ۵۰ کیلوگرم روی به‌دست آمد (نمودار ۱). اصولاً وزن هزار دانه از جمله صفاتی هست که تحت تاثیر تیمارهای کودی قرار می گیرد و افزایش وزن هزار دانه تحت تاثیر تیمارهای مایکوریزا، روی و آهن نیز موید آن است. صفاپور و همکاران (۲۰۱۱) افزایش وزن صد دانه لوبیا را در تیمار G.intraradices اعلام کردند و افزایش وزن صد دانه را فاکتور مهم و موثر در افزایش عملکرد دانه توصیف کردند. حسین آبادی و همکاران (۱۳۸۵) تاثیر 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، ساقه 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. غلامی و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که در حضور دو سویه باکتری آزوسپریلوم و چهار سویه سودوموناس، وزن صد دانه در ذرت به طور معنی‌دار افزایش پیدا کرد. آن ها علت این امر را به دلیل خاصیت تثبیت نیتروژن ازتوباکتر و حل کنندگی فسفر توسط سودوموناس مطرح کردند و بیان داشتند از آنجایی که باکتری باعث افزایش تولید هورمون‌های گیاهی از جمله اکسین می‌شوند می‌توان افزایش رشد در گیاه را به این عامل نسبت داد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد در میان اثرات اثرات ساده و متقابل تنها اثر ساده مایکوریزا و آهن در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول۲). مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا و آهن نشان داد بالاترین عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۳/٤٦ و ۳/۳۲ تن در هکتار از تیمارهای G.intraradices و ۵ کیلوگرم آهن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۳). توحیدی مقدم و همکاران (۱۳۸۵) دریافتند که در حضور باکتری‌های حل کننده فسفر شامل سودوموناس پوتیدا و باسیلوس لنتوس، عملکرد دانه سویا افزایش معنی‌دار پیدا کرد. صفاپور و همکاران (۱۳۸۳) در بررسی خود گزارش کردند که مقایسه میانگین تیمارها

در صفت عملکرد دانه لوبیا در میان سطوح کود فسفر زیستی معنی‌دار بود به طوری که عملکـرد دانـه در سطح دوم حدود سه درصد بیشتر از سطح اول بود.

صفاپور و همکاران (۲۰۰۱) افزایش عملکرد لوبیا را در تیمار تلقیح دوگانه مـایکوریزا و ریزوبیـوم اعـلام کردند همچنین افزایش عملکرد در اثرات ساده مایکوریزا مشهود بود. حمزه‌پور و همکاران (۱۳۸۹) تـاثیر مصرف ۸۰ میلی‌گرم در کیلوگرم روی را بر عملکرد دانه گندم مثبت ارزیابی کردند.

عملکرد کاه

نتایج جدول ۲ نشان داد تجزیه واریانس اثر ساده مایکوریزا در سطح ۱٪ معنـی‌دار مـی باشـد و در سـایر اثرات ساده و متقابل تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا نشـان داد بـالاترین عملکرد کاه به میزان ۳/٦٤ از تیمار مصرف مایکوریزا سویه G.intraradices به‌دست آمد (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات ساده مایکوریزا، آهن و روی بر صفات مورد آزمایش

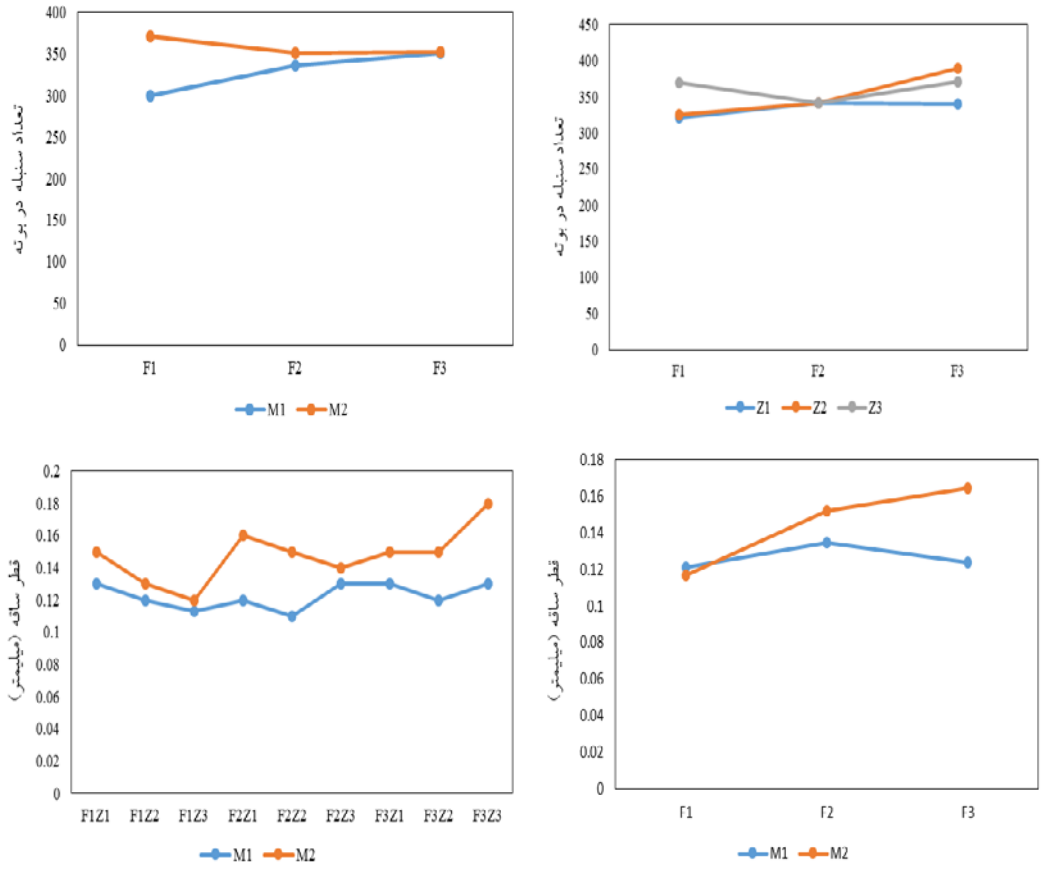
تیمار	ارتفاع بوته (cm)	قطر ساقه (mm)	تعداد سنبله در بوته	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (ton/ha)	عملکردکاه (ton/ha)	عملکرد بیولوژیک (ton/ha)
M1	۵۳/۱۱ b	۰/۱۳ b	۳۳۰/۱۸ b	۱۵/۰۹ b	۲۵/٤٦ b	۲/۹۰ b	۳/۲۷ b	۵/٤۹ b
M2	٦۱/۷۲ a	۰/۱٤ a	۳٤۸/۳۱ a	۲۱/۹۱ a	۳۰/۰۲ a	۳/۹۰ a	۳/٤۳ a	٦/۹۱ a
F1	٦۰/۱٤ ab	۰/۱۳ b	۳۳۰/٤۲ a	۱٦/۹۳ a	۲۵/۲۱ b	۳/۱٦ b	۳/۹۱ a	٦/٤۳ b
F2	۵۷/۰۹ b	۰/۱۳ b	۳۳٦/۵۸ a	۱۸/۰۱ a	۲۷/۱۰ a	۳/۰۵ b	۳/۸۰ a	٦/۵۱ b
F3	٦۱/۰۵ a	۰/۱٤ a	۳٤٤/۱۳ a	۱۷/۹۷ a	۲٦/٤۹ a	۳/۹۹ a	۳/٤۳ a	٦/۷۰ a
Z1	۵۹/۹۲ ab	۰/۱٤ a	۳۲۷/۲۷ a	۱۸/۱۱ a	۲۵/۷۲ b	۳/۱۵ b	۳/۳۷ a	٦/۳۰ b
Z2	۵۹/۷۰ b	۰/۱٤ a	۳۳۹/۹۸ a	۱۷/۷۸ a	۲۷/۰۳ a	۳/۱۸ ab	۳/۵۰ a	٦/٤۳ ab
Z3	٦۲/۰۱ a	۰/۱۳ a	۳٤۳/۸۷ a	۱۷/٦٤ a	۲۵/۰۱ b	۳/٤۰ a	۳/۲۹ a	٦/٤۹ a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند اختلاف معنی‌داری ندارند

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر ساده مایکوریزا، آهن و روی (در سطح ۱٪) دارای تفـاوت معنی‌دار می باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده مایکوریزا، آهن و روی نشان داد بالاترین عملکرد بیولوژیک به ترتیب به میزان ٦/٦۹، ٦/٦۷ و ٦/۵۸ تن در هکتار از تیمـارهـای مصـرف مـایکوریزا سـویه G.intraradices، مصرف ۵ کیلوگرم در هکتار آهن و ۵۰ کیلوگرم روی در هکتار به‌دسـت آمـد (جـدول ۳). افزایش فتوسنتز همچنین افزایش هورمون های رشد ناشـی از مصـرف مـایکوریزا و از سـوی دیگـر افزایش مواد مغذی در بافت‌های گیاهی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه می‌شـود. نتـایج اردکـانی و همکاران (۱۳۸۰) نتایج فوق را تایید مـی کنـد. در آزمـایش مانسـکم و همکـاران (۲۰۰۰) کـاربرد تـوأم

مایکوریزا و ازتوباکتر باعث افزایش عملکرد بیولوژیک در گندم شد. کاتلین و همکاران (۲۰۰٦) 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. محمود و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که کود زیستی تأثیر معنی‌دار در وزن خشک کل در لوبیا داشت. این نتایج با یافته های سوهن و همکاران (۲۰۰۷) 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 (۱۳۸٦) گزارش کردند که کود فسفر دار زیستی تأثیر معنی‌دار روی عملکرد بیولوژیک باقلا داشت. پهلوان راد و همکاران (۱۳۸۷) تاثیر آهن کلات را در افزایش عملکرد بیولوژیک اعلام کردند. نتایج فتحی و قلی زاده (۱۳۸۷) نیز نتایج فوق را تایید می‌کند. مشیری و همکاران (۱۳۸۹) افزایش عملکرد بیولوژیک را با مصرف سولفات روی اعلام کردند. حمزه پور و همکاران (۱۳۸۹) تاثیر مصرف ۸۰ میلی گرم در کیلوگرم روی را بر عملکرد بیولوژیک گندم مثبت ارزیابی کردند.



نمودار ۱- اثرات متقابل تیمارهای مورد بررسی بر صفات مورد آزمایش

تشکر و قدردانی

نگارندگان بر خود واجب می‌دانند از حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک و معاونت پژوهش و فن آوری این واحد در راستای حمایت از اجرای این پژوهش تشکر نمایند. این پژوهش به طور کامل از حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک برخوردار بوده و با بودجه و امکانات این واحد انجام شده است.

منابع

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

۲- اشرفی، ح. ۱۳۹۲. تاثیر ورمی کمپوست و روی بر عملکرد کمی و کیفی جو. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی اراک. ۱۱۰ صفحه.

۳- پهلوان راد، م. ر.، غ. م، کیخا و ناروئی راد، م. ر. 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، شماره ۷۹.

٤- توحیدی مقدم، ح. ر.، آ. حمیدی، ف. قوشچی و موسوی، ا. ۱۳۸۵. کاربرد کودهای بیولوژیک به منظور بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی در زراعت سویا. نهمین کنگره علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.

۵- حسین آبادی، ع.، م. گلوی و حیدری، م. 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- شماره۱.

٦- حمزه پور، ن.، م. ج. ملکوتی و مجیدی، ع. ۱۳۸۹. برهمکنش عناصر روی، آهن و منگنز در اندام های مختلف گندم. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). الف، جلد ٢٤، شماره ۱.

۷- خلدبرین، ب و اسلام زاده، ط. ۱۳۸٤. تغذیه معدنی گیاهان آلی. انتشارات دانشگاه شیراز. ٤٨٦ صفحه.

۸- سیدشریفی ر.، ف. سلیم و ساعدنیا، و. ۱۳۸۷. اثر سولفات روی بر آنالیز رشد، عملکرد و میزان پروتئین و روی در دانه ارقام مختلف گندم. مجله زیست شناسی ایران، جلد ۲۱ ، شماره ٤.

۹- صفاپور، م. ۱۳۹۰. تاثیر تلقیح دوگانه مایکوریزا و ریزوبیوم بر عملکرد سه رقم لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آازاد اسلامی اراک. ۳٤٥ صفحه.

۱۰- صفاپور، م.، م. ر. اردکانی، ف. رجالی، ش. خاقانی و تیموری، م. ۱۳۸۹. تاثیر تلقیح دوگانه مایکوریزا و ریزوبیوم بر عملکرد سه رقم لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.). یافته های نوین کشاورزی، سال پنجم، شماره۱.

۱۱- فتحی، ق و عنایت قلی زاده، م. ر. ۱۳۸۷. تأثیر کودهای کم مصرف آهن، روی و مس بر رشد و عملکرد ارقام جو در شرایط آب و هوایی خوزستان. فصلنامه علمی تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، سال اول، شماره اول.

۱۲- قاسمی، ع.، ع. اله دادی، ا، غ. ع. اکبری و گلپرور، ا. ۱۳۸۳. تاثیر تلقیح رقم ها لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی *(R. leguminosarum biovar phaseoli)* بر عملکرد دانه و تثبیت نیتروژن در منطقه شهر کرد. مجله پژوهش های زراعی ایران. جلد دوم، شماره اول، ۵۵.

۱۳- کاظمی پشت مساری، ح.، ح. ا پیردشتی و بهمنیار م. ع. ۱۳۸٦. مقایسه اثرات کودهای فسفر و زیستی بر ویژگی های زراعی دو رقم باقلا (*Vicia faba* L.). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد چهاردهم، شماره ششم.

۱٤- مشیری، ف.، م. م. اردلان، م. م. طهرانی، ثواقبی، غ. ر. ۱۳۸۹. کارایی روی در ارقام متفاوت گندم در یک خاک آهکی دچار کمبود روی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد۲٤، شماره ۱، ص۱٤٥-۱٥۳.

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

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

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

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

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

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

21- Gholami, A., Shahsavani, S. and Nezarat, S. 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.

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

23- Kathleen, K., Tresede, R. and Cross, A. 2006. Global Distributions of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Ecosystems. 9: 305-316. DOI: 10.1007/s10021-005-0110-x.

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

25- Kramer, U. and Clemens, S. 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.

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

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

28- 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.

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

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

31- Microsoft Office Professional Plus. 2013. All rights reserved.

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

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

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

35- Safapour, M., Ardakani, M. R. and Khaghani, Sh. 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.

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

37- Subramanian, K. S., Charest, C., Dwyer, L. M. and Hamilton, R. I. 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.

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