تأثیر مواد هومیک و قارچ میکوریز بر جذب آهن و روی و برخی خصوصیات رشدی سویا در شرایط گلخانه

مهدی سرچشمه پور[۱]، مجید حجازی مهریزی[۱*] و زهرا ابراهیمی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۶/۱۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳)

چکیده

کمبود آهن و روی به عنوان یکی از عوامل اصلی کاهش تولید در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه‌خشک شناخته شده است. از آنجا که اجزای مواد آلی بر قابلیت جذب آهن و روی مؤثر می‌باشند، این مطالعه با هدف بررسی اثرات مواد هومیک (اسید هومیک، اسید فولویک، ورمی‌کمپوست، اسید هومیک+ اسید فولویک و اسید هومیک+ اسید فولویک+ ورمی‌کمپوست) در حضور و عدم حضور قارچ میکوریز بر برخی خصوصیات رشدی و جذب آهن و روی توسط سویا در شرایط گلخانه صورت گرفت. نتایج نشان داد که تنها اثرهای اصلی مواد هومیک و قارچ میکوریز بر رشد سویا و جذب آهن و روی معنی‌دار شد. پاسخ گیاه سویا به کاربرد مواد هومیک متفاوت بود. اسید هومیک بیشترین تأثیر را بر ارتفاع شاخسار، وزن تر و خشک شاخسار و ریشه سویا داشت؛ به طوری که کاربرد آن سبب افزایش ۰/۹ برابری ارتفاع بوته، ۲/۳۷ برابری وزن تر شاخسار، ۶/۱۱ برابری وزن خشک شاخسار، ۳/۵۴ برابری وزن تر ریشه و ۵/۵ برابری وزن خشک ریشه سویا در مقایسه با تیمار شاهد شد. تلقیح گیاه با میکوریز نیز توانست خصوصیات رشدی سویا را بهبود بخشد. بجز تیمارهای اسید هومیک و ورمی‌کمپوست، سایر تیمارهای هومیک سبب افزایش غلظت آهن و روی در شاخسار سویا شد. بیشترین غلظت آهن (۶۵۷/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و روی (۸۷/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در بوته‌های رشد یافته در تیمار اسید فولویک اندازه‌گیری شد. تلقیح سویا با میکوریز سبب افزایش ۱۰ درصد آهن و ۶۴ درصد روی در مقایسه با گیاهان شاهد شد. نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد اسید هومیک و میکوریز می‌تواند از طریق افزایش جذب آهن و روی سبب بهبود خصوصیات رشدی سویا گردد.

واژه‌های کلیدی: کشاورزی پایدار، کودهای بیولوژیک، جذب عناصر غذایی، کلات‌ها

مقدمه

به دلیل کمبود عناصر کم مصرف در محصولات غذایی، حدود نیمی از جمعیت جهان از کمبود عناصر کم مصرف، از جمله آهن و روی، رنج می‌برند (۱۴ و ۱۶). کمبود این عناصر آثار ناخواسته‌ای را بر بسیاری از فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک انسان نظیر رشد، تولید مثل، پاسخ‌های ایمنی و توسعه رفتار عصبی بجا خواهد گذاشت. آهن و روی در گیاهان به عنوان تنظیم کننده فعالیت برخی از آنزیم‌ها ایفای نقش کرده و در برخی دیگر نیز نقش ساختاری به عهده دارند و به همین دلیل کمبود این دو عنصر تأثیرات قابل توجهی را بر رشد گیاهان دارد (۶ و ۷).

زمانی که غلظت عناصر آهن و روی در محلول خاک در محدوده 10^{-6} تا 10^{-8} مولار باشد، مقدار کافی از این عناصر در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. در خاک‌های آهکی، که دارای pH قلیائی و درصد کمی از ماده آلی هستند، غلظت روی و آهن در محلول خاک چندین برابر از این حد بحرانی کمتر بوده و

۱. گروه علوم مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mhejazi@uk.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

این امر سبب کاهش پخشیدگی این عناصر از محلول به سطح ریشه می‌شود (۱۸ و ۱۹). مطالعات نشان داده که در این خاک‌ها حضور مواد هومیک، مواد مترشحه از ریشه گیاهان و روابط همزیستی می‌توانند به گیاه در تأمین نیازشان به آهن و روی کمک کنند (۴ و ۳۶). مواد هومیک دارای دو نوع اسید آلی مهم شامل اسید هومیک و اسید فولویک و یک جزء به نام هومین هستند که از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ، بقایای گیاهان و ضایعات محصولات کشاورزی قابل استخراج است (۴۱). مواد هومیک به‌طور غیر مستقیم از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک (۹ و ۴۳) و به‌طور مستقیم به عنوان ترکیبات شبه هورمونی سبب بهبود شرایط رشد گیاه می‌شوند (۵). مواد هومیک از طریق تشکیل کلات‌های پایدار با آهن و روی سبب افزایش حلالیت و کاهش تثبیت این عناصر در خاک می‌شوند (۴۷). تأثیر کاربرد مواد هومیک به صورت محلول‌پاشی و خاکی در افزایش رشد و بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان زیادی از جمله هویج (۴۴)، شبدر (۲۰)، ذرت (۳۰) و گندم (۴۳) گزارش شده است.

قارچ‌های میکوریز با بسیاری از گیاهان زراعی و باغی ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند و از متنوع‌ترین قارچ‌هایی هستند که در تمامی انواع خاک‌ها به رشد و نمو می‌پردازند (۷). قارچ‌های میکوریز علاوه بر تولید هورمون‌های گیاهی، بر جذب آب و عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف مؤثر بوده و سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند (۴۰). در پژوهشی که توسط سوبرامانیان و همکاران (۴۲) روی گوجه‌فرنگی انجام گرفت، مشخص گردید که همزیستی گوجه‌فرنگی با یک گونه از میکوریز باعث افزایش معنی‌دار تعداد گل در بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید. گوپتا و جاناردان (۲۹) گزارش کردند که تلقیح گیاه نعناع با گونه‌ای قارچ به‌طور قابل ملاحظه‌ای میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده افزایش داد. توسنت و همکاران (۴۵) نشان دادند که کاربرد دو گونه قارچ میکوریز شامل *Glomus mosseae* و *Glomus caledonium* سبب افزایش چشمگیر غلظت فسفر و عملکرد ریحان شد.

سویا گیاهی از تیره *Fabaceae* با نام علمی *Glycine max* به عنوان یک گیاه مهم در تغذیه انسان به شمار می‌رود. این گیاه سرشار از پروتئین، فسفر، کلسیم، آهن و روی بوده و ۱۹ اسیدآمینه ضروری قابل هضم و مورد نیاز برای رشد و سلامتی انسان را تأمین می‌کند. سطح زیر کشت سویا در ایران در سال زراعی۹۲-۱۳۹۱حدود ۱۳۲ هزار هکتار و میزان تولید سویای کشور حدود ۳۱۳ هزار و ۵۰۰ تن برآورد شده است (۲). با توجه به واردات بیش از ۲۲ درصد روغن مورد نیاز کشور، توجه بیشتر به کشت سویا به عنوان یکی از مهمترین دانه‌های روغنی و افزایش راندمان تولید آن ضروری است. در این راه، استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک در اراضی کشاورزی ایران که از فقر ماده آلی رنج می‌برند، می‌تواند راهگشا باشد. اطلاعات اندکی در زمینه تأثیرات مواد هومیک به‌همراه قارچ‌های میکوریز بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان خانواده لگوم وجود دارد. به همین دلیل، مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیرات اسیدهای هومیک، فولویک و ورمی‌کمپوست، به‌همراه قارچ میکوریز، بر خصوصیات رشدی و جذب عناصر آهن و روی توسط سویا صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

ابتدا یک نمونه خاک با کمبود آهن و روی از منطقه ماهان واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب‌شرقی شهر کرمان از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و بعد از هواخشک شدن جهت اندازه‌گیری برخی خصوصیات خاک از الک دو میلیمتری عبور داده شد. هدایت الکتریکی، pH و مجموع کلسیم و منیزیم در عصاره ۵:۱ خاک به آب تعیین شد (۳۸). کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (۴۶)، کربنات کلسیم از طریق تیتراسیون با اسید، آهن و روی قابل دسترس بر اساس روش DTPA-TEA (۳۳) و توزیع اندازه ذرات نیز از طریق پیپت انجام شد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

خصوصیت	شن	سیلت	رس	pH	EC	OM	CEC	روی قابل جذب	آهن قابل جذب
	(٪)				(dS/m)	(٪)	(cmolsubscript/kg)	(mg/kg)	
مقدار	۵۸/۲۸	۲۸/۵۶	۱۳/۱۶	۷/۷	۱/۷	۰/۷	۲۴/۰۳	۰/۱۵	۱/۰

جدول ۲. میانگین غلظت کل آهن و روی (mg/kg) در مواد هومیک مورد استفاده

نوع ماده هومیک	آهن	روی	درصد خلوص
اسید فولویک	۹۳۳/۳	۳۰۹/۳	۷۰
اسید هومیک	۷۶۲۳	۳۸/۴	۸۰
ورمی‌کمپوست	۱۱۰۰۰	۵۴	۱۸٪ هومیک اسید+ ۱۵٪ فولویک اسید

و بافت خاک نیز تعیین گردید. خصوصیات خاک مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

کشت گلخانه‌ای

این مطالعه به صورت دو عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام گرفت. عوامل آزمایش شامل شش نوع ماده هومیک (شامل اسید هومیک، اسید فولویک، ورمی‌کمپوست، اسید هومیک+ اسید فولویک، اسید هومیک+ اسید فولویک+ ورمی‌کمپوست) و دو سطح میکوریز (تلقیح و عدم تلقیح با قارچ *Glomus* sp) بود. افزودن مواد هومیک به خاک به گونه‌ای صورت گرفت که در تمامی تیمارها ۲٪ ماده آلی به خاک اضافه شود. غلظت آهن و روی کل مواد هومیک مورد استفاده در جدول ۲ نشان داده شده است.

مایه تلقیح میکوریز مورد استفاده با استفاده از سورگوم تکثیر و به نیمی از گلدآنها افزوده شد. بذر گیاه سویا ابتدا با الکل ضدعفونی و بعد از خیساندن در آب مقطر به مدت ۲۴ ساعت در گلدآنهای پلاستیکی (در کل ۴۸ گلدان) با حجم ۲/۵ کیلوگرم خاک کشت شدند. تعداد ۱۰ بذر در هر گلدان کشت و بعد از گذشت ۱۵ روز به ۵ بوته در هر گلدان تقلیل یافت. در طول دوره رشد (۱۰۰ روز) آبیاری گلدآنها بر اساس ظرفیت زراعی مزرعه انجام شد. در پایان دوره کشت، گیاهان از خاک برداشت و بعد از تعیین ارتفاع بوته، شاخسار از ریشه تفکیک و بعد از شستشو با آب مقطر، وزن تر و بعد از قرارگیری در آون تهویه دار، وزن خشک آنها تعیین گردید. غلظت آهن و روی در شاخسار و ریشه سویا بعد از عصاره‌گیری به روش خاکستر خشک با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. درصد کلونیزاسیون ریشه سویا بعد از رنگ‌بری با هیدروکسید پتاسیم ۱۰٪ و رنگ‌آمیزی با تریفان بلو و بعد از تقسیم شدن به قطعات یک سانتی‌متری با استفاده از روش تلاقی خطوط شبکه جیووانتی و موس (۲۷) تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن (در سطح ۱٪) انجام گردید و از نرم‌افزار Excel جهت رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع شاخسار

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد مواد هومیک تأثیر معنی‌داری ($P<0/01$) بر ارتفاع شاخسار سویا داشت (جدول ۳). تیمار ورمی‌کمپوست و اسید هومیک بیشترین ارتفاع شاخسار (به ترتیب ۴۵/۷ و ۴۴/۵ سانتی‌متر) را نسبت به تیمار شاهد (۲۳/۳ سانتی‌متر) نشان دادند و اختلاف معنی‌داری (در سطح ۱٪) از این لحاظ بین دو تیمار مشاهده نشد. بین تیمار مخلوط ۱ (اسید هومیک+ اسید فولویک) و تیمار مخلوط ۲ (اسید هومیک+ اسید فولویک+ ورمی‌کمپوست) در ارتفاع شاخسار از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۴). نتایج سایر محققین نیز نشان داد که کاربرد

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس اثر مواد هومیک و میکوریز بر برخی خصوصیات مورفولوژیک سویا، درصد کلونیزاسیون و غلظت قابل دسترس آهن و روی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	وزن تر ساقه	وزن خشک ساقه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	درصد کلونیزاسیون	غلظت آهن	غلظت روی
تیمارهومیک	۵	۵۴۷/۸**	۲۳۹/۱**	۱۷/۹**	۱۲۱/۶**	۱/۳**	۳۸۱/۵**	۵۰۴۴۸/۲**	۶۲۰۷/۰**
میکوریز	۱	۱۳۰۵/۲**	۵۲۶/۸**	۴۲/۷**	۳۲۶/۳**	۳/۳**	۸۸۵۷۱/۴^{ns}	۳۰۱۶۵/۲^{ns}	۱۴۷۳/۲*
هومیک× میکوریز	۵	۱۷/۸^{ns}	۷/۶^{ns}	۰/۸۴^{ns}	۹/۹^{ns}	۰/۳^{ns}	۸۱/۵^{ns}	۲۷۸۲۵/۴^{ns}	۲۱۳/۹^{ns}
خطا	۳۳	۱۸/۲	۷/۹	۰/۶۴	۵	۰/۱	۶۰/۲	۱۶۳۰۸/۲	۲۴۵/۳
ضریب تغییرات		۱۱/۶	۱۸/۹	۲۳/۲	۲۹/۸	۲۸/۰	۱۸/۰	۲۲/۹	۴۴/۱

**، * و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطوح ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار

اسید هومیک سبب افزایش ارتفاع بوته ذرت گردید (۲۴). ماسکولو و همکاران (۳۵) بیان داشتند که ورمی‌کمپوست با تحریک تولید موادی شبیه به اکسین سبب افزایش ارتفاع گیاهان می‌شود. از آنجا که ورمی‌کمپوست غنی از مواد مغذی، از جمله روی می‌باشد، بنابراین این کود می‌تواند با تأثیر بر ساخت هورمون‌ها، به‌ویژه اکسین، سبب افزایش رشد و متعاقب آن ارتفاع گیاه شود. فرناندز- اسکوبر و همکاران (۲۵) در بررسی اثر کاربرد برگی مواد هومیک استخراج شده از لئوناردیت بر رشد گیاهچه‌های زیتون در گلخانه دریافتند که محلول‌پاشی اسید هومیک، رشد ساقه را به طور معنی‌داری تحریک کرد. اسید هومیک با تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه، تکثیر سلولی در گیاه را افزایش داده و سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (۲۳). کمترین ارتفاع بوته، بعد از تیمار شاهد، در تیمار اسید فولویک مشاهده شد (جدول ۴). همچنین، در تیمارهای مخلوط، کاربرد اسید فولویک سبب کاهش ارتفاع سویا در مقایسه با تیمارهای مستقل اسید هومیک و ورمی‌کمپوست گردید. این نتایج نشان می‌دهد که کاربرد اسید فولویک در سطح ۲٪ تأثیرات منفی بر جوانه‌زنی و رشد سویا داشته است و به همین دلیل مطالعه تأثیر سطوح کمتر این اسید بر رشد سویا در این خاک توصیه می‌شود.

نتایج حاصل از تأثیر قارچ میکوریز بر ارتفاع بوته گیاه بیانگر آن است که کاربرد ماده تلقیح اثر معنی‌داری ($P<0/01$) بر این خصوصیت دارد (جدول ۳)، به طوری که گیاهان میکوریزی دارای ارتفاع بیشتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی بودند (جدول ۵). مطالعات نشان داده که میکوریز آربسکولار به صورت معنی‌داری سبب افزایش ارتفاع، وزن تازه و میزان محصول ذرت شده است (۲۹). نتایج دپونویس و همکاران (۲۲) نیز نشان داد که گیاه آکاسیا (*Acacia holosericeal*) تلقیح شده با میکوریز و تیمار شده با سنگ فسفات، ارتفاع بیشتری نسبت به گیاهان تلقیح نشده داشت.

وزن تر شاخشار و ریشه

وزن تر شاخسار و ریشه سویا به‌طور معنی‌داری (در سطح ۱٪) تحت تأثیر کاربرد مواد هومیک قرار گرفت (جدول ۳). کاربرد اسید هومیک سبب تولید بیشترین وزن تر شاخسار (۲۰/۶ گرم در گلدان) و ریشه (۵/۰ گرم در گلدان) گردید و اختلاف معنی‌داری را با تیمار ورمی‌کمپوست نشان نداد (جدول ۴). کاربرد اسید فولویک نیز اگرچه سبب افزایش معنی‌دار وزن تر شاخسار و ریشه در مقایسه با شاهد گردید، اما این افزایش در مقایسه با سایر تیمارها کمتر بود. تأثیر کمتر تیمارهای مخلوط در افزایش وزن تر شاخسار و ریشه در مقایسه با تیمارهای مستقل اسید هومیک و ورمی‌کمپوست می‌تواند به دلیل حضور اسید فولویک و اثرات سوء این ماده بر رشد در این تیمارها باشد. اصلاح ساختار فیزیکی خاک، حفظ رطوبت خاک،

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. تأثیر مواد هومیک بر خصوصیات فیزیولوژیک سویا

تیمار هومیک	ارتفاع (سانتی‌متر)	وزن تر (گرم در گلدان)		وزن خشک (گرم در گلدان)	
	شاخسار	شاخسار	ریشه	شاخسار	ریشه
اسید هومیک	۴۴/۵a	۲۰/۶a	۵/۰a	۱۲/۱a	۱/۳a
اسید فولویک	۳۲/۱c	۱۱/۸c	۲/۵c	۴/۸c	۰/۵c
ورمی‌کمپوست	۴۵/۷a	۲۰/۳a	۴/۹a	۱۱/۳a	۱/۲a
اسید هومیک+ اسید فولویک	۳۶/۹b	۱۵/۱b	۳/۵b	۷/۳b	۰/۸b
اسید هومیک+ اسید فولویک+ ورمی‌کمپوست	۳۷/۸b	۱۵/۶b	۳/۶b	۷/۸b	۰/۸b
شاهد	۲۳/۴d	۶/۱d	۱/۱d	۱/۷d	۰/۲d

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن می‌باشند

جدول ۵. تأثیر تلقیح میکوریز بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک سویا

تیمار	ارتفاع (سانتی‌متر)	وزن تر (گرم در گلدان)		وزن خشک (گرم در گلدان)	
	شاخسار	شاخسار	ریشه	شاخسار	ریشه
تلقیح میکوریز	۴۲/۰a	۱۸/۲a	۴/۴a	۱۰/۱a	۱/۱a
عدم تلقیح میکوریز	۳۱/۶b	۱۱/۶b	۲/۵b	۴/۹b	۰/۵b

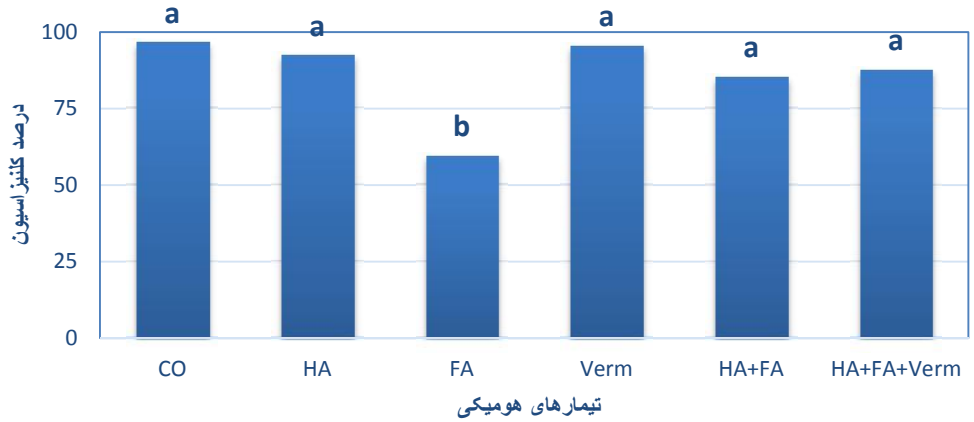
در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن می‌باشند

نفوذپذیری بیشتر ریشه نسبت به آب و عناصر غذایی، تولید بیشتر اسیدهای نوکلئیک و اسیدهای آمینه، افزایش متابولیسم و فعالیت آنزیمی گیاه در اثر کاربرد مواد هومیک از دلایل عمده افزایش عملکرد گیاهان ذکر شده است (۲۳). نتایج تحقیق گولسر و همکاران (۲۸) در فلفل و کوردیرو و همکاران (۲۱) در ذرت نشان داد که کاربرد اسید هومیک سبب افزایش وزن تر شاخسار و ریشه این گیاهان گردید. همچنین عطیه و همکاران (۱۰) گزارش کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست به دلیل تغییرات مطلوبی که در خصوصیات فیزیکوشیمیایی و زیستی محیط کشت به‌وجود می‌آورد، سبب افزایش وزن شاخسار و ریشه گوجه‌فرنگی شده است. باخمن و متزگر (۱۳) نیز بهبود رشد گل همیشه‌بهار را به فراهمی بیشتر عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در خاک‌های تیمار شده با ورمی‌کمپوست نسبت داده‌اند.

تلقیح گیاه با میکوریز به طور معنی‌داری بر وزن تر شاخسار و ریشه تأثیر گذاشت (جدول ۳) و سبب افزایش معنی‌دار این شاخص‌های فیزیولوژیک سویا گردید. تلقیح سویا با میکوریز سبب افزایش وزن تر شاخسار از ۱۱/۶ به ۱۸/۲ گرم در گلدان و افزایش وزن تر ریشه از ۲/۵ به ۴/۴ گرم در گلدان شد (جدول ۵). در بیشتر مطالعات، دلیل افزایش عملکرد گیاهان در اثر کاربرد میکوریز به افزایش سطح فعال ریشه و جذب بهتر آب و عناصر غذایی و همچنین افزایش مقاومت گیاهان به بیماری‌ها نسبت داده شده است (۲۰ و ۲۹). در پژوهشی که توسط سوبرامانیان و همکاران (۴۲) در گوجه‌فرنگی انجام گرفت، مشخص گردید که همزیستی گوجه‌فرنگی با یک گونه از میکوریز سبب

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱. تأثیر کاربرد مستقل و مخلوط اسید هومیک (HA)، اسید فولویک (FA) و ورمی‌کمپوست (Verm) بر درصد کلونیزاسیون ریشه سویا. حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشند.

افزایش معنی‌دار تعداد گل در بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید، و دلیل آن را به بهبود جذب آب و تغذیه گوجه‌فرنگی در اثر همزیستی میکوریزی نسبت دادند.

وزن خشک شاخشار و ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک شاخسار و ریشه نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر مواد هومیک و میکوریز قرار گرفتند، در حالی که اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد (جدول ۳). اسید هومیک بیشترین تأثیر را بر وزن خشک شاخسار و ریشه داشت، به طوری که کاربرد این اسید به ترتیب سبب افزایش ۶ و ۵/۵ برابری وزن خشک شاخسار و ریشه در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول ۴). کمترین درصد افزایش در وزن خشک شاخسار و ریشه در اثر کاربرد اسید فولویک اندازه‌گیری شد. کاربرد این اسید به ترتیب سبب افزایش ۱/۸ و ۱/۵ برابری وزن خشک شاخسار و ریشه در مقایسه با تیمار شاهد شد. همچنین، تیمارهای مخلوط، در مقایسه با کاربرد مستقل مواد هومیک، تأثیر کمتری بر وزن خشک شاخسار و ریشه سویا داشت. افزایش وزن خشک گیاهان در اثر کاربرد مواد هومیک در توت‌فرنگی (۸)، ذرت و یولاف (۴۱) و گندم (۳) گزارش شده است.

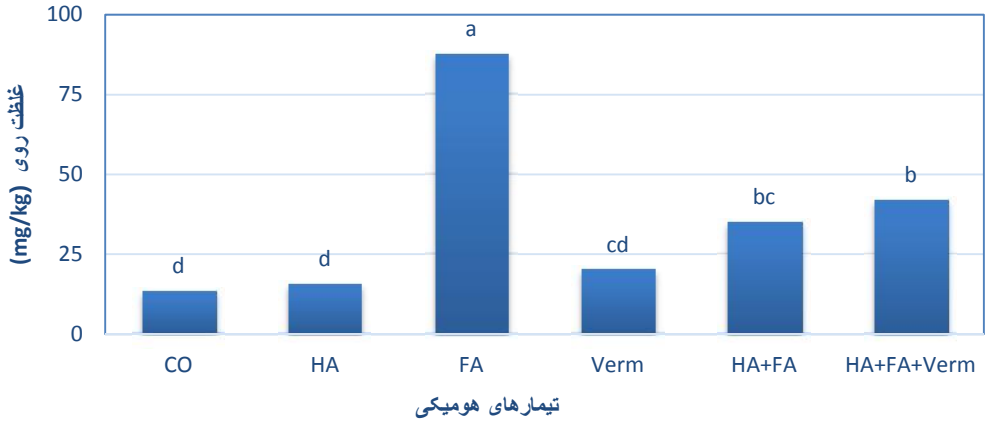
گیاهان تلقیح یافته با میکوریز به طور معنی‌داری (در سطح ۵٪) وزن خشک شاخسار و ریشه بیشتری را در مقایسه با گیاهان تلقیح نیافته داشتند. تلقیح میکوریز سبب شد تا وزن خشک شاخسار از ۴/۹ به ۱۰/۱ گرم در گلدان و وزن خشک ریشه از ۰/۵ به ۱/۱ گرم در گلدان افزایش یابد. این نتایج با نتایج سایر محققین در رازیانه (۳۱) و علف لیمو (۳۷) همخوانی دارد. افزایش سطح فتوسنتز و تولید هورمون‌های گیاهی (۲۶)، افزایش جذب عناصر غذایی کم‌تحرک در خاک نظیر فسفر، آهن و روی (۲۰) و بهبود راندمان مصرف آب (۱۵) از دلایل اصلی افزایش وزن خشک گیاهان در اثر کاربرد میکوریز ذکر شده است.

درصد کلونیزاسیون

براساس نتایج تجزیه واریانس، تنها اثر مواد هومیک بر درصد کلونیزاسیون معنی‌دار بود (جدول ۳). به طور کلی، کاربرد مواد هومیک در خاک سبب کاهش درصد کلونیزاسیون ریشه در مقایسه با تیمار شاهد شد؛ هر چند تنها در مورد اسید فولویک این کاهش معنی‌دار بود (شکل ۱). این نتایج نشان می‌دهد که کاربرد مواد هومیک سبب کاهش فعالیت میکوریز شده است. یکی از دلایل کاهش خصوصیات رشدی در گیاهان تیمار یافته با اسید فولویک را می‌توان ناشی از کاهش درصد کلونیزاسیون دانست. در تحقیق ساینز و همکاران (۴۰) که روی شبدر قرمز

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. تأثیر کاربرد مستقل و مخلوط اسید هومیک (HA)، اسید فولویک (FA) و ورمی‌کمپوست (Verm) بر غلظت روی در سویا. حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشند.

و خیار انجام شد، مصرف ورمی‌کمپوست حاصل از ضایعات آلی شهری، کاهش معنی‌دار درصد کلونیزاسیون ریشه را در شبدر قرمز سبب شد.

این محققین دلیل کاهش در همزیستی میکوریزی را به مصرف زیاد این نوع ورمی‌کمپوست و متعاقب آن به فراهمی زیاد عناصر غذایی از جمله فسفر در محیط رشد ریشه نسبت دادند. به همین دلیل، برای حفظ مطلوب همزیستی میکوریزی در سیستم‌های کشاورزی پایدار، مصرف متعادل مواد هومیک ضروری است.

غلظت روی در شاخسار

غلظت روی در شاخسار به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار هومیک اسید و میکوریز قرار گرفت (جدول ۳). کاربرد فولویک اسید به صورت مستقل و همراه با هومیک اسید و ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار غلظت روی در شاخسار سویا شد. در حالی که کاربرد هومیک اسید و ورمی‌کمپوست نتوانست تغییری در غلظت روی در سویا ایجاد کند (شکل ۲). بیشترین غلظت روی (۸۷/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در گیاهان تیمار یافته با اسید فولویک اندازه‌گیری شد که اختلاف معنی‌داری را نسبت به سایر تیمارهای هومیک داشت. اگرچه کمترین غلظت روی گیاه (۱۳/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد، ولی اختلاف معنی‌داری از این لحاظ با تیمار اسید هومیک و ورمی‌کمپوست مشاهده نگردید. در مطالعه‌ای که توسط هاکان و همکاران (۳۰) در یک خاک آهکی انجام شد، کاربرد اسید هومیک سبب افزایش جذب عناصر روی، منگنز و مس در ذرت گردید. مواد هومیک به خوبی عناصر آهن و روی را کلات کرده و ضمن افزایش قابلیت جذب این عناصر، سبب افزایش دوران دسترسی گیاهان به این عناصر می‌گردد (۳۴). همچنین، مواد هومیک با افزایش نفوذپذیری سلول‌های ریشه، به جذب بهتر آب و عناصر غذایی توسط گیاه کمک می‌نماید (۲۳).

تلقیح سویا با میکوریز سبب افزایش معنی‌دار روی در شاخسار از ۲۹/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار بدون تلقیح به ۴۱ میلی‌گرم در کیلوگرم گردید (جدول ۶). این افزایش می‌تواند به دلیل گسترش ریسه‌های نازک قارچی در خاک و تخلیه بیشتر خاک از روی باشد (۱۱ و ۳۲). نتایج این تحقیق با مطالعات گوپتا و جاناردان (۲۹) در نعناع و ساینز و همکاران (۴۰) در خیار و شبدر همخوانی دارد.

غلظت آهن در شاخسار

نتایج نشان داد که تنها اثر تیمار هومیک بر غلظت آهن شاخسار سویا معنی‌دار بود (جدول ۳). تأثیر کاربرد مواد هومیک نشان

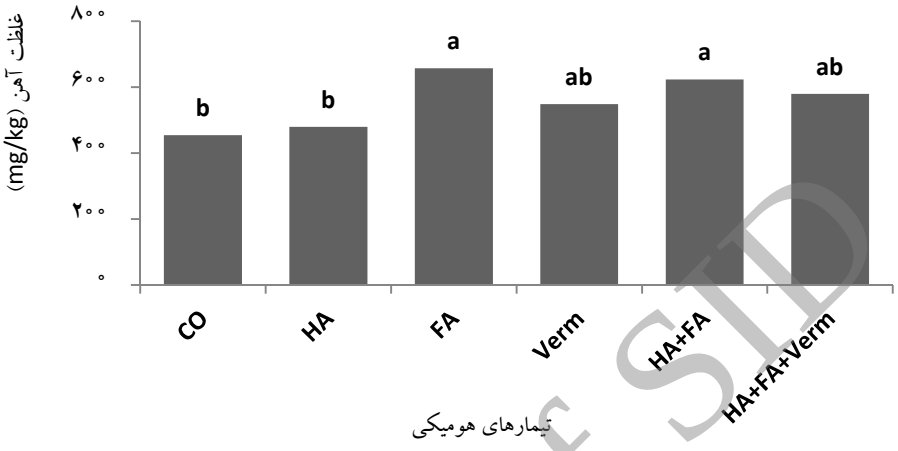
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. مقایسه میانگین‌های اثرهای اصلی میکوریز بر غلظت عناصر در اندام هوایی گیاه سویا

طوح میکوریز	غلظت آهن (mg/kg)	غلظت روی (mg/kg)
بدون میکوریز	۵۳۲/۱ a	۲۹/۹ b
دارای میکوریز	۵۸۲/۲ a	۴۱ a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از لحاظ آماری فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ آزمون دانکن می‌باشند



شکل ۳. تأثیر کاربرد مستقل و مخلوط اسید هومیک (HA)، اسید فولویک (FA) و ورمی‌کمپوست (Verm) بر غلظت آهن در سویا (حروف مشترک بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها می‌باشد)

داد که تنها کاربرد مستقل اسید فولویک و مخلوط اسید فولویک و اسید هومیک سبب افزایش معنی‌دار (در سطح ۵٪) غلظت آهن در شاخسار سویا گردید. اگرچه کود ورمی‌کمپوست بیشترین مقدار آهن را در بین مواد هومیک داشت (جدول ۲)، بیشترین غلظت آهن در شاخسار سویا (۶۵۷/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) رشد یافته در تیمار اسید فولویک مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با غلظت آهن سویا رشد یافته در مخلوط اسید فولویک و اسید هومیک (۶۲۳/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نداشت (شکل ۳). بیشتر بودن غلظت آهن در تیمارهای حاوی اسید فولویک را می‌توان به اثر رقت نسبت داد، به طوری که در این تیمارها به دلیل رشد کمتر سویا، غلظت آهن افزایش یافته است. کمترین غلظت آهن (۴۵۴/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نیز در گیاهان شاهد اندازه‌گیری شد. مواد هومیک قادرند از طریق گروه‌های کربوکسیل، هیدروکسیل فنولی و کربونیل، آهن را در محیط خاک کلات کرده و سبب افزایش قابلیت جذب آن شوند (۳۴). عطیه و همکاران (۹) نشان دادند که کاربرد اسید هومیک سبب افزایش غلظت عناصر کم مصرف در گوجه‌فرنگی شده است. همچنین، یافته‌های عزیزی و همکاران (۱۲) نیز نشان داد که کاربرد ۱۵٪ ورمی‌کمپوست سبب افزایش قابل توجه غلظت آهن در بابونه شده است.

اگرچه همزیستی میکوریزیی سبب افزایش ۱۰ درصدی غلظت آهن در گیاه سویا گردید، ولی از لحاظ آماری، این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۶). نوع گیاه میزبان و ویژگی‌های ژنتیک و مورفولوژیک آن و همچنین نوع قارچ همزیست باعث می‌شود که جذب هر عنصر کم مصرف توسط گیاهان تلقیح یافته متفاوت باشد (۳۹). در برخی مطالعات، میکوریز سبب کاهش غلظت عناصر کم مصرف در گیاهان مختلف شده است. برای مثال، نتایج آزمایش‌های آقابابایی و رئیسی (۱) نشان داد که میکوریز غلظت آهن را در اندام هوایی گیاهان بادام ۸۰٪ کاهش داد. در حالی که غلظت سایر عناصر کم مصرف در آن

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش یافت. آنها اظهار داشتند که آهن جذب شده توسط گیاه به شکلی در ریشه تجمع پیدا کرده و نتوانسته است به اندام‌های هوایی گیاهان همزیست انتقال یابد. آنها افزایش میزان فسفر ریشه در گیاهان همزیست و رسوب آهن در ریشه را عامل کاهش انتقال آهن به اندام هوایی ذکر کردند. البته مطالعات کاریس و همکاران (۱۷) نشان داد که تلقیح گیاه سورگوم با میکوریز سبب افزایش غلظت آهن در اندام هوایی گردیده است. آنها اظهار کردند که قارچ میکوریز از طریق ترشح انواعی از سیدروفورها و کلاته کردن آهن توانسته است جذب و انتقال آهن را افزایش دهد.

نتیجه‌گیری

پاسخ سویا به کاربرد مواد هومیک در خاک متفاوت بود، به طوری که اسید هومیک در بین تمامی تیمارهای مستقل و مخلوط سبب بهبود شرایط رشد سویا گردید. در مقابل، کاربرد اسید فولویک تأثیر منفی بر رشد سویا داشت. بخشی از این تأثیرات منفی ناشی از تأثیرات این ماده هومیک بر درصد کلونیزاسیون ریشه سویا بود که سبب کاهش درصد همزیستی میکوریز با سویا گردید. بر اساس نتایج این تحقیق، کاربرد سطح ۲٪ از اسید فولویک در این خاک قابل توصیه نبوده و می‌بایستی که سطوح کمتر این ماده هومیک در مطالعات بعدی مورد توجه قرار گیرد. توانایی متفاوت مواد هومیک در افزایش غلظت آهن و روی سویا در این مطالعه مشاهده شد، به طوری که تنها در تیمارهایی که اسید فولویک به کاربرده شده بود، غلظت آهن و روی نسبت به شاهد افزایش نشان داد که می‌تواند ناشی از اثر رقت در سویا باشد. همچنین، نتایج نشان داد که استفاده از میکوریز سبب بهبود خصوصیات رشدی سویا گردید. کاربرد میکوریز تنها توانست غلظت روی را در سویا افزایش دهد و تأثیری بر غلظت آهن نداشت.

منابع مورد استفاده

۱. آقابابائی، ف. و ف. رئیسی. ۱۳۸۸. بررسی امکان برقراری رابطه همزیستی اندومیکوریزایی در توده‌های بذری چند ژنوتیپ تجاری بادام. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۱۰: ۱۲۷–۱۴۰.

۲. احمدی، ح.، ع. مستعلی و س. ا. طباطبایی‌فر. ۱۳۸۹. شناسایی محصولات ذرت و سویا و برآورد سطح زیرکشت به کمک تصاویر ماهواره‌ای در کشت و صنعت دشت ناز ساری. مجله مهندسی بیوسیستم ایران ۱: ۵۳–۶۰.

۳. سبزواری، س. و ح. خزاعی. ۱۳۸۸. اثر محلول‌پاشی سطوح مختلف اسید هومیک بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم (Triticum aestivum L.) رقم پیشتاز. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی۱(۲): ۵۳ – ۶۳.

۴. رحیمیان، ز. ۱۳۹۰. اثر گوگرد و تیوباسیلوس به همراه ماده آلی بر صفات کمی و کیفی کلزا. فصلنامه علمی- پژوهشی گیاهان زراعی ۱۲: ۱۹–۲۷.

۵. نیکبخت، ع.، م. کافی، م. بابالار، ن. اعتمادی، ح. ابراهیم زاده معبود و ش. پ. پینگ. ۱۳۸۶. اثر هومیک اسید برجذب کلسیم و رفتار فیزیولوژیکی پس از برداشت گل ژربرا. مجله علوم و فنون باغبانی ایران ۴: ۲۳۷–۲۴۸.

۶. هفت برادران، ش.، ا. ح. خوشگفتارمنش و م. افیونی. ۱۳۹۲. تأثیر اسیدهای آلی کربوکسیل‌دار و برخی کلات‌های مصنوعی بر جذب و انتقال روی در دو رقم گندم با روی- کارایی مختلف. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۱۵: ۳۷–۴۸.

7. Adsemoye, A.O. and J.W. Kloeppe. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficincy. Appl. Microbiol. Biotechnol. 85: 1-12.

8. Arancon, N.Q., C.A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J.D. Metzger. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresour. Technol. 93: 145-153.

9. Atiyeh, R.M., S. Lee, C.A. Edwards, N.Q. Arancon and J.D. Metsger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresour. Technol. 84: 7-14.

10. Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2001. The influence of earthworm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresour. Technol. 81: 103-108.

11. Azcon, R., E. Ambrosano and C. Charest. 2003. Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration. Plant Sci. 165: 1137-1145.

Archive of SID

www.SID.ir

12. Azizi, M., F. Rezwanee, M. Hassanzadeh Khayat, A. Lackzian and H. Neamati. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricutria vecutitia*). Iranian J. Med. Aromat. Plants 1: 82-93.
13. Bachman, C.R. and J.D. Metzger. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. Bioresour. Technol. 99: 3155-3161.
14. Baize, D., L. Bellanger and R. Tomassone. 2009. Relationships between concentrations of trace metals in wheat grains and soil. Agron. Sustain. Dev. 29: 297-312.
15. Bolandnazar, S., N. Aliasgarzad, M.R. Neishabury and N. Chaparzadeh. 2007. Mycorrhizal colonization improves onion (*Allium cepa* L.) yield and water use efficiency under water deficit condition. Sci. Hort.114: 11-15.
16. Bouis, H. 1996. Enrichment of food staples through plant breeding: A new strategy for fighting micronutrient malnutrition. Nutr. Rev. 54: 131-137.
17. Caris, C., W. Hordt, H.J. Hawkins, V. Romheld and E. George. 1998. Studies of iron transport by Arbuscular mycorrhizal hyphae from soil to peanut and sorghum plants. Mycorrhiza 8: 35-39.
18. Celik, I., I. Ortas, and S. Kilic. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil Till. Res. 78: 59-67.
19. Chand, M., N.S. Randhawa and D.R. Bhumbla. 1981. Effectivness of zinc chelates in zinc nutrition of greenhouse rice crop in a saline-sodic soil. Plant Soil 59: 217-225.
20. Chen, B.D., X.L. Li, H.Q. Tao, P. Christie and M.H. Wong. 2003. The role of arbuscular mycorrhiza in zinc uptake by red clover growing in calcareous soil spiked with various quantities of zinc. Chemosphere 50: 839-846.
21. Cordeiro F.C., C.S. Catarina, V. Silveira and S.R. De Souza. 2011. Humic acid effect on catalase activity and the generation of reactive oxygen species in corn (*Zea mays*). Biosci. Biotech. Biochem. 75: 70-74.
22. Duponnois, R., A. Combalet, V. Hien and J. Thioulouse. 2005. The mycorrhizal fungus Glomus intraradices and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of Acacia holosericea. Soil Biol. Biochem. 37: 1460-1468.
23. Dursun, A., I. Guvenc and M. Turan. 2002. Effects of different levels of humic acid on seedling growth and macro and micronutrient contents of tomato and eggplant. Acta Agrobot. 56: 81-88.
24. Eyheraguibel, B., J. Silvestre and P. Morard. 2008. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize. Bioresour. Technol. 99: 4206-4212.
25. Fernandez-Escobar, R., M. Benlloch, D. Barranco, A. Duenas and J.A. Guterrez Ganan. 1996. Response of olive trees to foliar application of humic substances extracted from leonardite. Sci. Hort. 66: 191-200.
26. Ghazi, N. and A.L. Karaki. 1998. Benefit-cost and water use efficiency of arbuscular mycorrhizal durum wheat grown under drought stress. Mycorrhiza 8: 41-45.
27. Giovanetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mychorizal infection in roots. New Phytol. 84: 489-500.
28. Gulser, F., F. Sonmez and S. Boysan. 2010. Effects of calcium nitrate and humic acid on pepper seedling growth under saline condition. J. Environ. Biol. 31: 873-876.
29. Gupta, M.L. and K.K. Janardhanan. 1991. Mycorrhizal association of Glomus aggregatuom with palmarosa enhances growth and biomass. Plant Soil 131: 261-263.
30. Hakan, C., A. Vahap Katkat, B. Bulent Asık and M.A. Turan. 2011. Effect of foliar-applied humic acid to dry weight and mineral nutrient uptake of maize under calcareous soil conditions. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 42: 29-38.
31. Kapoor, R., B. Giri and K.G. Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresour. Technol. 93: 307-311.
32. Kothari, S.K., H. Marschner and V. Romheld. 1991. Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. Plant Soil 131: 177-185.
33. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
34. Lobartini, J.C., G.A. Orioli and K.H. Tan. 1997. Characteristics of soil humic acid fractions separated by ultrafiltration. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28: 787-796.
35. Muscolo, A., F. Bovalo, F. Gionfriddo and F. Nardi. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on Daucus carota cell growth and nitrate metabolism. Soil Biol. Biochem. 31: 1303-1311.
36. Pandeya, S.B., A.K. Singh and P. Dhar. 1998. Influence of fulvic acid on transport of iron in soils and uptake by paddy seedlings. Plant Soil 198: 117-125.
37. Ratti, N., S. Kumar, H.N. Verma and S.P. Gautam. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. Microbiol. Res. 156: 145-149.
38. Rowell, D.L. 1994. Soil Science: Methods and Applications. Longman Group, Harlow, 345 p.

Archive of SID

www.SID.ir

39. Russo, A., C. Felici, A. Toffanin, M. Gotze, C. Collados, J.M. Barea,Y. Moënne-Loccoz, K. Smalla, J. Van der Leyden and M. Nuti. 2005. Effect of Azospirillum inoculants on arbuscular mycorrhiza establishment in wheat and maize plants. Biol. Fert. Soils 41: 301-309.
40. Sainz, M.J., M.T. Taboada-Castro and A. Vilarino. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant Soil 205: 85-92.
41. Sharif, M., R.A. Khattak and M.S. Sarir. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33: 3567-3580.
42. Subramanian, K.S., P. Santhanakrishnan and P. Balasubramanian. 2006. Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Sci. Hort. 107: 245-253.
43. Tahir, M.M., M. Khurshid, M.Z. Khan, M.K. Abbasi and M.H. Kazmi. 2011. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. Pedosphere 21: 124-131.
44. Taylor, G. and L. Cooper. 2004. Humic acid: The root to healthy plant growth. California State Science Fair, 1610.
45. Toussaint, J.P., F.A. Smith and S.E. Smith. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza 17: 291-297.
46. Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of digestion method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration. Soil Sci. 37: 29-38.
47. Wilkinson, H.F. 1972. Movement of micronutrients to plant roots. In: Micronutrients in Agriculture, Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, USA.

Archive of SID

www.SID.ir