نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار
جلد چهارم، شماره اول، ۱۳۹۳
http://ejsms.gau.ac.ir

بررسی تأثیر همزیستی میکوریزایی، کاربرد *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد بر خصوصیات رشد و عملکرد ذرت (*Zea Mays* L.)

***علی انصوری[۱]، احمد غلامی[۲]، حمید عباس‌دخت[۲]، منوچهر قلی‌پور[۲]، مهدی برادران[۳] و علیرضا فلاح نصرت‌آباد[۴]**

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، [۲]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، [۳]استادیار گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، [۴]استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/٤/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۲۹

چکیده

استفاده از موجودات مفید خاکزی به‌منظور بهبود حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و نیز تأمین سلامت گیاه، از بهترین شیوه‌های علمی برای کمک به تعادل سیستم زنده خاک محسوب می‌شود. در این آزمایش اثر تلقیح قارچ میکوریزا، باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد بر رشد و عملکرد ذرت مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید. عوامل مورد پژوهش شامل میکوریزا در دو سطح (تلقیح M_1 و عدم تلقیح M_0)، *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* در دو سطح (مصرف T_1 و عدم مصرف T_0) و سه سطح گوگرد (صفر S_0، ۲۵۰=S_1 و ۵۰۰=S_2 کیلوگرم در هکتار) بودند. نتایج این بررسی نشان داد که با تلقیح میکوریزا، *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و کاربرد گوگرد pH خاک، عملکرد دانه، وزن بلال، تعداد دانه در بلال، ارتفاع ساقه، وزن ۱۰۰ دانه (به‌جز میکوریزا) و عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. برهمکنش باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد نیز تأثیر معنی‌داری را بر صفات مورد بررسی، به‌جز عملکرد بیولوژیک نشان داد. همچنین

*مسئول مکاتبه: aliansori98@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

برهمکنش میکوریزا و *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* موجب کاهش معنی‌دار pH خاک و افزایش ارتفاع ساقه شد.

واژه‌های کلیدی: *تیوباسیلوس تیواکسیدانس*، گوگرد، میکوریزا، عملکرد، pH

مقدمه

بالا بودن pH خاک و فراوانی یون کلسیم در بسیاری از خاک‌های ایران سبب شده است که با وجود فراوانی برخی عناصر غذایی مانند فسفر، مقدار قابل جذب این عناصر، کمتر از مقدار لازم برای تأمین رشد مناسب گیاه باشد. روش متداول برای مقابله با این کمبودها، استفاده از کودهای شیمیایی است که علاوه‌بر هزینه زیاد و بازدهی کم، خطر آلودگی‌های زیست‌محیطی را نیز به‌همراه دارد (سیفانتس و لیندمن، ١٩٩٣؛ مودایش و همکاران، ١٩٨٩؛ تیسدل و همکاران، ١٩٨٤). گوگرد یکی از عناصر غذایی پر مصرف و ضروری برای تمام موجودات زنده می‌باشد. مقدار آن در پوسته زمین حدود ٠/٠٦ درصد است و از نظر فراوانی در لیتوسفر در ردیف ششم و از لحاظ مقدار موردنیاز گیاه پس از سه عنصر اصلی (N، P، K و Ca) در مرتبه پنجم قرار دارد. هر چند که در برخی منابع آن را بعد از سه عنصر اصلی چهارمین عنصر مهم معرفی کرده‌اند (ماخرجی و سینگ، ٢٠٠٢). مقدار گوگرد در خاک‌ها از ٠/٠٠٢ درصد (در خاک‌های شدیداً هوا دیده و آبشویی شده) تا ٥ درصد (در خاک‌های شور آهکی و شور) متغیر می‌باشد. گوگرد از لحاظ کیفی به اندازه نیتروژن در تشکیل پروتیین‌های سلولی اهمیّت دارد. این عنصر موجب افزایش مقاومت گیاهان به بیماری‌ها، خشکی و سرما می‌شود و همچنین از تجمع نیترات در گیاهان جلوگیری می‌کند (طباطبایی، ١٩٨٦؛ تات، ١٩٩٥). علاوه‌بر موارد یاد شده، اثرات مصرف گوگرد در اصلاح خاک‌های سدیمی و بهبود وضعیت تغذیه گیاهان در خاک‌های آهکی را نباید از نظر دور داشت. افزودن گوگرد به خاک به‌منظور تأمین نیاز گیاه به‌این عنصر و یا بهبود وضعیت تغذیه گیاه از طریق آزاد شدن عناصر غذایی مثل فسفر، آهن، روی و ...، وقتی مؤثر و نتیجه بخش خواهد بود که گوگرد به‌میزان قابل توجهی در خاک اکسیده شود (جانزن و بتانی، ١٩٨٧). از جمله اثرات بیوشیمیایی گوگرد در گیاهان می‌توان به مشارکت در ساخته شدن اسیدهای آمینه گوگرددار، تشکیل کلروفیل a، فعال کردن آنزیم‌های تجزیه کننده پروتیین، ساخته شدن بیوتین، تیامین، گلوتأمین و کوآنزیم تشکیل روغن‌های گلوکوزیدی، تشکیل گروه‌های دی‌سولفیدی و

Archive of SID

www.SID.ir

سولفیدریل (مؤثر در ساختمان پروتیین) دانست (بشارتی، ۱۹۹۸؛ کریمی‌نیا، ۱۹۸۷). گوگرد علاوه‌بر ارزش تغذیه‌ای، به‌دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسیدسولفوریک، توان لازم برای کاهش pH را دارا می‌باشد، بنابراین می‌تواند در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری مانند فسفر در رایزوسفر، مؤثر واقع شود (کلباسی و همکاران، ۱۹۸۸؛ کیتامس و آتو، ۱۹٦٥؛ میلیر، ۱۹٦٥؛ مودایش و همکاران، ۱۹۸۹؛ مورودت و همکاران، ۱۹۹۱؛ تیسدل و همکاران، ۱۹۸٤). در عین حال باید به‌این نکته توجه داشت که شرط بهره‌گیری از این توان بالقوه گوگرد، حضور باکتری‌های اکسیدکننده این ماده در خاک است، زیرا اکسایش گوگرد به‌طور عمده به روش بیولوژیک انجام می‌گیرد که با تولید اسیدسولفوریک، موجب کاهش pH خاک، آزاد شدن عناصر غذایی برای گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد می‌گردد (استونسون، ۱۹۸٦؛ طباطبایی، ۱۹۸٦؛ تات، ۱۹۹٥، واین رایت، ۱۹۸٤). همچنین از طرف دیگر به‌دلیل این‌که اکسیداسیون شیمیایی گوگرد بسیار کند و ابتدایی بوده و قسمت اعظم گوگرد موجود در خاک توسط ریزموجودات اکسید می‌شود، بنابراین سرعت اکسایش گوگرد و اثرات مفید آن به جمعیّت اکسیدکنندگان به‌ویژه باکتری‌های جنس *تیوباسیلوس* بستگی دارد. باکتری‌های *تیوباسیلوس* از مهمترین اکسیدکننده‌های گوگرد در خاک به‌شمار می‌روند (بشارتی و صالح راستین، ۱۹۹۹). باکتری‌های جنس *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* اغلب شیمیولیتوتروف هستند و از ترکیبات احیا شده گوگرد به‌عنوان منبع کسب انژری استفاده می‌کنند (کلی و هاریسون، ۱۹۸۹). تعداد این ریزموجودات در بیشتر خاک‌ها کم بوده و تلقیح خاک با این باکتری‌ها سرعت اکسایش گوگرد را افزایش می‌دهد. در صورتی‌که جمعیّت این باکتری‌ها در خاک پایین باشد، مصرف گوگرد همراه با این باکتری‌ها در خاک‌های قلیایی و آهکی، اثرات سودمندی را به‌دنبال خواهد داشت (وان رایت، ۱۹۸٤). در یک بررسی مشخص شد که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک‌های تلقیح شده با باکتری‌های *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* حدود ۱۱ برابر بیشتر از خاک‌های تلقیح نشده است. در پژوهشی مشابه در یک خاک سولونتزی معلوم شد که در اثر تلقیح خاک با باکتری ***T. thiooxidans*** و ***T. thioparus*** سرعت اکسایش گوگرد نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (تیسدل و همکاران، ۱۹۸٤).

میکوریزا مهمترین قارچ همزیست ریشه می‌باشد. از جمله وظایف قارچ میکوریزا، تأمین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق‌العاده کم تحرک است. حتی در صورتی‌که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت به شکل فسفات‌کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و

Archive of SID

www.SID.ir

به‌صورت غیرمتحرک در می‌آید. بنابراین قارچ‌های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به‌ویژه فسفر و افزایش عملکرد بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند (تورک و همکاران، ٢٠٠٦). همزیستی این قارچ بیشتر به‌منظور جذب عناصر غذایی کم‌تحرک در خاک مثل فسفر، مس و روی صورت می‌گیرد (اسمیت و راد، ٢٠٠٨؛ پارنیسک، ٢٠٠٨). در طی آزمایشی مشاهده شده که غلظت فسفر، منیزیم، روی و مس به‌طور معنی‌داری در اندام هوایی ذرت تلقیح شده با میکوریزا افزایش یافت (لیو و همکاران، ٢٠٠٠). از طرف دیگر همزیستی با میکوریزای آربسکولار (AM) از طریق گسترش و توزیع بهتر ریشه گیاهان نقش کلیدی در چرخه موادغذایی دارد و موجب حمایت گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌گردد (الکراکی و لارک، ١٩٩٨). سابرامانین و جارست (١٩٩٩) نیز مشاهده نمودند که در شرایط تنش رطوبتی و در گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های میکوریزی، مقدار عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز، منیزیم و روی در ذرت افزایش معنی‌داری داشتند. اورتاس و هاریس (١٩٩٦) اظهار داشتند که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده، بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر دارد، به‌طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش یافت. سانگ (٢٠٠٥) گزارش نمود که در اثر تلقیح قارچ میکوریزا، شرایط ریزوسفر خاک بهبود یافته و در اثر توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی، سیستم دفاعی گیاه میزبان تقویت می‌شود. امیرآبادی و همکاران (٢٠٠٩) اظهار داشتند که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد، عملکرد ماده خشک (٤/٩ درصد) و غلظت فسفر (٢٨/٨ درصد) در گیاه ذرت را افزایش داد. اردکانی و همکاران (٢٠٠١) گزارش نمودند تلقیح قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد پنجه و وزن خشک گندم شد. ریگو و میگنارد (١٩٩٤) اظهار کردند که ریشه‌های میکوریزی دارای خصوصیّات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی متفاوتی از ریشه گیاه هستند که این امر می‌تواند در افزایش جذب فسفر مؤثر باشد. این قارچ‌ها می‌توانند ریزوسفر را از طریق افزایش تراوش پروتون یا افزایش فشار CO_2 اسیدی کرده و از این رو می‌توانند فسفر را به‌خصوص در خاک‌های آهکی و خنثی متحرک نمایند (باگو و آزکون- آگایلار، ١٩٩٧).

از آن‌جا که اطلاعات کمی در مورد رابطه قارچ میکوریزا با باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و کود گوگرد در دسترس است این آزمایش با هدف بررسی اثرات کاربرد قارچ میکوریزا، باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و کود گوگرد پودری در شرایط مزرعه بر pH خاک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی برهمکنش میکوریزا (*Glomus intraradices*)، *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* (*T. thiooxidans*) و کود گوگرد (اندازه ذرات ۲۰۰ مش) بر pH خاک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۰ انجام شد. عوامل مورد آزمایش شامل میکوریزا در ۲ سطح تلقیح (M_1) و عدم تلقیح (M_0)، *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* در ۲ سطح استفاده (T_1) و عدم استفاده (T_0) و کود گوگرد به فرم پودری در ۳ سطح، صفر (S_0)، ۲۵۰ (S_1) و ۵۰۰ (S_2) کیلوگرم در هکتار بود. گوگرد ۳۰ روز قبل از کشت به‌صورت نواری به‌کار برده شد و *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* یک هفته قبل از کشت به‌صورت (جامد همراه مواد نگهدارنده) خاک مصرف و در نوارهای گوگرد به‌کار برده شده، اعمال گردید. به‌منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه مرکب تهیه شد و سپس به آزمایشگاه منتقل شد. ماده آلی به روش اکسایش با اسیدکرومیک و سپس تیتره کرده با فرو آمونیوم‌سولفات (نلسون و سامرز، ۱۹۹٦)، نیتروژن کل به روش کلدال (برمنر، ۱۹۹٦)، فسفر قابل جذب به روش السن (السن و همکاران، ۱۹٥٤)، پتاسیم قابل قابل جذب به روش استات‌آمونیم (ریچاردز، ۱۹٦۹) و pH گل اشباع با دستگاه pH متر مدل متروم اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه.

عوامل مورد تجزیه	نتیجه آزمون
نیتروژن (ppm)	۰/۰٤
فسفر (ppm)	۱۰
پتاسیم تبادلی (ppm)	٦/٤
سولفات محلول (میلی‌گرم در کیلوگرم)	٦/٦
منیزیم (میلی‌اکیوالان بر لیتر)	۲۲
کلسیم (میلی‌اکیوالان بر لیتر)	۳۳
مواد آلی (درصد)	۰/۳۳
اسیدیته (pH)	۸/۳۲

Archive of SID

www.SID.ir

هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به‌طول ٦ متر، فاصله بین ردیف‌ها ٦٥ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف در ٢٠ سانتی‌متر و عمق کاشت ٥ تا ٧ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در طول دوره رشد کود اوره به‌میزان ١٠٠ کیلوگرم در هکتار در دو مرحله به تمام کرت‌ها اضافه شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات موردنظر، در انتهای دوره رشد، در هر کرت نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف همراه با دو ردیف کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. از هر واحد آزمایشی ٦ بوته به‌طور تصادفی انتخاب گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک (وزن خشک ساقه، برگ و بلال)، وزن بلال، تعداد دانه در بلال، وزن ١٠٠ دانه اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری برای تعیین pH خاک در شش مرحله با فاصله ١٥ روزه از ناحیه ریشه گیاه گرفته شد و اولین نمونه‌برداری ٣٠ روز بعد از کشت انجام شد. آنالیز داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SAS و MSTAT-C انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از روش LSD در سطح احتمال ٥ درصد و رسم نمودار به‌وسیله برنامه Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

pH خاک: همان‌طور که در جدول ٢ مشاهده می‌شود اثر ساده عوامل مورد بررسی، اثر متقابل میکوریزا و *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و نیز اثر متقابل کاربرد *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد بر کاهش pH خاک معنی‌دار شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین این آزمایش نشان داد که کاربرد میکوریزا ٠/٠١ واحد pH خاک را نسبت به شرایط عدم تلقیح میکوریزا کاهش داد (جدول ٣). ریگو و میگنارد (١٩٩٤) اظهار کردند که ریشه‌های میکوریزی خصوصیّات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی متفاوتی از ریشه گیاه دارند آن‌ها می‌توانند ریزوسفر را از طریق افزایش تراوش پروتون یا افزایش غلظت CO_2 اسیدی کرده و pH خاک را کاهش دهند. کاربرد باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* به‌طور معنی‌داری (سطح ١ درصد) موجب کاهش pH خاک در مقایسه با شاهد شد. مصرف باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* در طول فصل رشد حدود ٠/١ واحد pH خاک را نسبت به تیمار عدم تلقیح باکتری کاهش داد. مشاهده می‌شود که باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* ١٠ برابر pH خاک را بیشتر از قارچ میکوریزا و ٩ درصد نسبت به pH اولیه خاک (٨/٣٢) کاهش داده است. مطابق این نتیجه، آتو و اولسون (١٩٦٦) اظهار کردند که میزان اکسیداسیون گوگرد و کاهش pH خاک ١ تا ١١ برابر در خاک‌های تلقیح شده با *تیوباسیلوس* نسبت به تلقیح نشده بیشتر است. کاربرد ٢٥٠ کیلوگرم کود گوگرد pH خاک را ١/٦٨ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد گوگرد کاهش داد و با افزایش مقدار

Archive of SID

www.SID.ir

کاربرد کود گوگرد (۵۰۰ کیلوگرم) میزان کاهش pH خاک نیز افزایش یافت (۲/۵۹ درصد نسبت به شاهد). بسیاری از پژوهش‌گران گزارش کرده‌اند که مصرف گوگرد و تولید اسیدسولفوریک حاصل از اکسایش آن باعث کاهش pH، تأمین سولفات موردنیاز گیاه و افزایش قابلیت جذب فسفر و عناصر کم مصرف در خاک‌های آهکی و قلیایی می‌شود (بارنس، ۱۹٦۷؛ هافت و سورنسن، ۱۹٦۹). نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین اثر متقابل میکوریزا و *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* نشان داد، بیشترین pH خاک در تیمار شاهد (۷/٦۹) و کمترین pH (۷/۵۳) در تیمار کاربرد *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و عدم استفاده از میکوریزا به‌دست آمد (شکل ۱). تلقیح همزمان *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد نیز تأثیر معنی‌داری در کاهش pH داشت. بیشترین کاهش pH با کاربرد *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و مصرف ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد به‌دست آمد که با بقیه تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ٤). مطابق این یافته، استامفورد و همکاران (۲۰۰۲) اظهار کردند کاربرد گوگرد تلقیح شده با *تیوباسیلوس* موجب کاهش شدید pH خاک گردید.

ارتفاع بوته: عوامل مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه داشتند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین به‌دست آمده از ارتفاع بوته نشان داد که میکوریزا و *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* به‌ترتیب ۱/٦ و ٤/۲ درصد ارتفاع بوته را نسبت به شاهد افزایش دادند. همچنین ارتفاع بوته با کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد ۵/۹ و ۸/٤ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. اثرات مثبت میکوریزا بر افزایش ارتفاع در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است (کیانشنک و همکاران، ۲۰۰٦، جاویتو و همکاران، ۲۰۰۰). همزیستی میکوریزایی از طریق تغییر در اختصاص منابع بین ریشه و قسمت‌های هوایی منجربه افزایش سطح برگ و افزایش ارتفاع گردد. همچنین گیاهان میکوریزایی انرژی کمتری برای تشکیل ریشه صرف می‌کنند، بنابراین گیاهان ساقه بزرگتری را تولید کرده و نسبت ریشه به ساقه پایین‌تری را به‌دلیل افزایش حجم ساقه به ریشه دارند (اسکالتز، ۲۰۰۱). برهمکنش *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت به‌طوری‌که نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین‌ها نشان داد، همه تیمارها اختلاف معنی‌داری با شاهد داشتند. بیشترین ارتفاع بوته با کاربرد *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* همراه با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد و کمترین ارتفاع در تیمار شاهد به‌دست آمد. هر چند که بین تیمارهای مصرف *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* همراه با ۵۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد و عدم استفاده *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* همراه با کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. استامفورد و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند تلقیح گوگرد با *تیوباسیلوس* موجب افزایش رشد دو گیاه نخود و لوبیا نسبت به شاهد شد. نتایج به‌دست آمده نشان

Archive of SID

www.SID.ir

داد، اثر متقابل میکوریزا و *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت. به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع مربوط به تیمار *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* بدون میکوریزا (٢٠١/٥ سانتی‌متر) و کمترین ارتفاع (١٨٣/٦ سانتی‌متر) در تیمار شاهد حاصل شد (شکل ٢).

جدول ٢- میانگین مربعات صفات مورد ارزیابی در گیاه ذرت تیمار شده با قارچ میکوریزا، باکتری *تیواکسیدانس* و گوگرد.

منابع تغییر	درجه آزادی	pH	ارتفاع بوته	وزن بلال	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
بلوک میکوریزا	٢	٠/٠٠٠٨	٧/٥٣	١٧٦٦/٨	٤٠٨٥/٨	٨/٢١	٢/٠٦	٠/٤٦٥
تیوباسیلوس	١	٤/٥٧*	٩٨/٠١*	٦٢١٤/٦**	١٦٢٥٦**	٢٤/٥٠ns	٩٦/١٠**	٣/٢٩٤*
گوگرد	١	٣٧٠/٠٩**	٦٢٨/٣٣**	٢٤٦٦/٧*	٨٨٧٠٤**	٣٤/٢٢*	١٥٤/٣٣**	١٨/٧٩٢**
میکوریزا×*تیوباسیلوس*	٢	٥٢٧/٤٢**	٩٠٧/٢١**	٦١٠١/١**	٢٢٧٦٨**	٩٠/٠٩**	١٤٠/٥٠**	١٥/٢٢٣**
میکوریزا×گوگرد	١	١٣٣/٢٣**	٨٠٦/٥٦**	١٢٦٠/٢ns	٠/٠٢ns	٢ns	١٠/٢١ns	١/٩٦ns
تیوباسیلوس×گوگرد	٢	١/٥٢ns	٦٩/٤٠ns	١٩٣/٧ns	٦٩/٣ns	١٥/٨١ns	١٩/٩٠ns	١/١٦٠ns
میکوریزا×*تیوباسیلوس*	٢	١٠/٧٣**	١٠٧/٦٦*	٢١٠٨/٨*	٨٣٣٦**	٢٣/٦٣*	١/٩٨ns	٢/١٥٦*
×گوگرد	٢	١/٩٥ns	٢١٢/٨٥**	٨٢٦/٥ns	٢٢٠/١ns	١٣/٦٩ns	٣١/٦٣*	١/٢٣٥ns

*، ** و ns به‌ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ٥ و ١ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول ٣- جدول مقایسه میانگین تأثیر قارچ میکوریزا، باکتری *تیواکسیدانس* و کود گوگرد بر رشد و عملکرد ذرت.

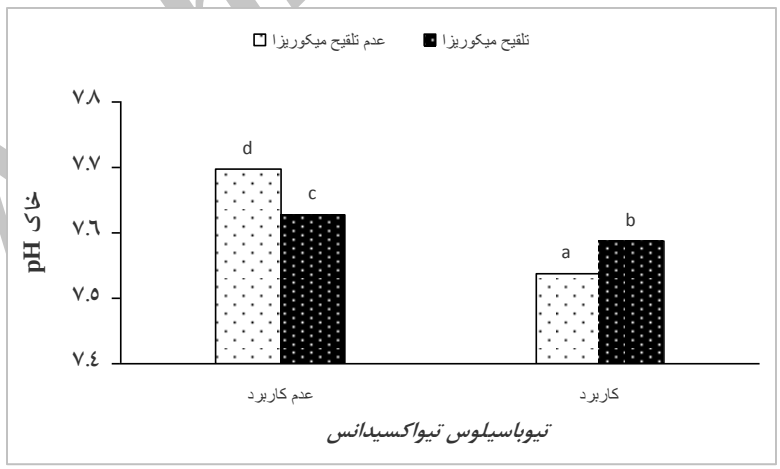
تیمار	pH	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن بلال ($g.plant^{-1}$)	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد بیولوژیک ($ton.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($ton.ha^{-1}$)
میکوریزا							
تلقیح	٧/٦٠^a	١٩٥/٨٨^a	٣٩٩/٧٥^a	٧٥٣/٥٦^a	٢٥/٠٩	٢٦/٨٩^a	٩/٦٠^a
عدم تلقیح	٧/٦١^b	١٩٢/٥٨^b	٣٧٣/٤٧^b	٧١١/٠٦^b	٢٣/٤٤	٢٣/٦٢^b	٨/٩٩^b
تیوباسیلوس							
تلقیح	٧/٥٦^a	١٩٨/٤١^a	٣٩٤/٨٨^a	٧٨١/٩٤^a	٢٥/٢٤^a	٢٧/٣٢^a	١٠/٠٢^a
عدم تلقیح	٧/٦٦^b	١٩٠/٠٦^b	٣٧٨/٣٣^b	٦٨٢/٦٧^b	٢٣/٢٩^b	٢٣/١٨^b	٨/٥٧^b
گوگرد							
شاهد	٧/٧٢^c	١٨٤/٦٧^c	٣٦٣/٧٥^c	٦٨٦/٤٢^c	٢٢/٧٠^b	٢١/٧٣^c	٨/١٦^c
٢٥٠ کیلوگرم	٧/٥٩^b	١٩٦/٣٧^b	٣٨٧/٢٥^b	٧٣٧/٤٢^b	٢٢/٦٧^b	٢٥/٤٧^b	٩/٣١^b
٥٠٠ کیلوگرم	٧/٥٢^a	٢٠١/٦٦^a	٤٠٨/٨٣^a	٧٧٣/٠٨^a	٢٧/٤٣^a	٢٨/٥٦^a	١٠/٤١^a

* وجود حرف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌داری در سطح ٥ درصد.

Archive of SID

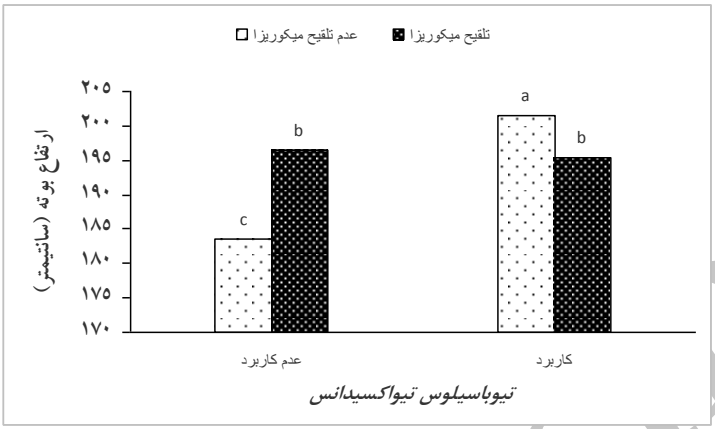
www.SID.ir

وزن بلال: نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس این صفت نشان داد که عوامل مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر وزن بلال نسبت به شاهد داشتند (جدول ۲). همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) مشاهده می‌شود کاربرد قارچ میکوریزا ٦/٥ درصد وزن بلال را نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. کاربرد باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* وزن بلال را به‌میزان ٤/١ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اورتوس و هاریس (١٩٩٦) اظهار کردند که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه تأثیر دارد، به‌طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش یافت. بین سطوح کاربرد کود گوگرد در افزایش وزن بلال اختلاف معنی‌دار وجود داشت. به‌طوری‌که کمترین وزن بلال در تیمار شاهد و بیشترین مقدار با کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد به‌دست آمد. کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم کود گوگرد به‌ترتیب ٦ و ١١ درصد وزن بلال را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۳). اثر متقابل باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد موجب افزایش معنی‌داری در وزن بلال شد. به‌طوری‌که کمترین میزان وزن بلال مربوط به تیمار شاهد (٣٤٠/٨ گرم در بوته) و بیشترین وزن بلال مربوط به تیمار عدم تلقیح باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* همراه با ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد (٤١١/٨ گرم در بوته) به‌دست آمد (جدول ٤). نتایج این بررسی نشان داد که بین تیمارهای کاربرد همزمان باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و سه سطوح گوگرد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.



شکل ۱- تأثیر کاربرد همزمان قارچ میکوریزا و باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* بر pH خاک.

www.SID.ir



شکل ٢- تأثیر کاربرد همزمان قارچ میکوریزا و باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* بر ارتفاع بوته ذرت.

جدول ٤- جدول مقایسه میانگین دوجانبه باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد بر صفات مورد بررسی.

تیوباسیلوس	گوگرد (kg/ha)	pH	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	وزن بلال ($g.plant^{-1}$)	تعداد دانه در بلال	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه ($ta.ha^{-1}$)
T_0	٠	٧/٧٦^{f}	١٧٧/١^{c}	٣٤٠/٨^{c}	٦٠٧/٣^{d}	٢٠/٥٨^{d}	٧/٩٢^{d}
	٢٥٠	٧/٦٥^{d}	١٩٣/٣^{b}	٣٨٢/٤^{b}	٦٩٥/٨^{c}	٢٣/٢٦^{bcd}	٨/٢٧^{d}
	٥٠٠	٧/٥٧^{c}	١٩٩/٨^{a}	٤١١/٨^{a}	٧٤٤/٨^{bc}	٢٦/٠٣^{ab}	٩/٥٢^{c}
T_1	٠	٧/٦٩^{e}	١٩٢/٣^{b}	٣٨٦/٥^{ab}	٧٦٥/٥^{ab}	٢٢/٠٨^{cd}	٨/٤٠^{d}
	٢٥٠	٧/٥٢^{b}	١٩٩/٤^{a}	٣٩٢/١^{ab}	٧٧٩/٠^{ab}	٢٤/٨١^{bc}	١٠/٣٤^{b}
	٥٠٠	٧/٤٧^{a}	٢٠٣/٦^{a}	٤٠٥/٩^{ab}	٨٠١/٣^{a}	٢٨/٨٣^{a}	١١/٣١^{a}

*وجود یک حرف مشترک بین میانگین‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ٥ درصد با آزمون LSD می‌باشد.

تعداد دانه در بلال: بررسی نتایج حاصل از این پژوهش در جدول ٢ بیانگر آن است که کاربرد میکوریزا، *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و کود گوگرد تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در بلال داشتند. کاربرد میکوریزا و *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* به‌ترتیب باعث افزایش ٥/٦ و ١٢/٥ درصد در تعداد دانه در بلال نسبت به تیمار شاهد شدند (جدول ٣). در آزمایشی بالویی و همکاران (٢٠٠٩) تأثیر *تیوباسیلوس* و میکوریزا در سطوح مختلف گوگرد بر سویا را بررسی کردند نتایج آن‌ها نشان داد که تأثیر *تیوباسیلوس* بر تعداد دانه در غلاف معنی‌داری نبود. بین سطوح کاربرد گوگرد اختلاف معنی‌داری

Archive of SID

www.SID.ir

از نظر تعداد دانه در بلال مشاهده شد. با کاربرد ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به‌ترتیب افزایش ٦/۹ و ۱۱ درصد تعداد دانه در بلال مشاهده شد. بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که برهمکنش *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد نیز تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در بلال داشت. به‌طوری‌که بین تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. کمترین تعداد دانه در بلال مربوط به تیمار شاهد و بیشترین تعداد دانه در بلال در تیمار کاربرد *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد به‌دست آمد. بین تیمارهای مصرف *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و سه سطح گوگرد از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نورقلی پور و همکاران (۲۰۰٦) و بهمن‌یار و همکاران (۲۰۰۵) نتایج مشابهی را مبنی‌بر تأثیر مصرف همزمان گوگرد و *تیوباسیلوس* بر افزایش عملکرد سویا گزارش نمودند.

وزن ۱۰۰ دانه: بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و کود گوگرد تأثیر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰ دانه داشت (جدول ۲). براساس جدول مقایسه میانگین مشخص شد که *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* ۷/۷ درصد وزن ۱۰۰ دانه را افزایش داد. کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد نیز اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت اما با افزایش مقدار گوگرد (۵۰۰ کیلوگرم)، ۱۷ درصد افزایش در وزن صد دانه مشاهده شد (جدول ۳). نتایج پژوهش‌گران نشان می‌دهد که کمبود گوگرد می‌تواند عملکرد را از طریق تأثیر بر رشد گیاه در دوره پر شدن دانه، کاهش دهد. بنابراین فرآهمی گوگرد در گیاه می‌تواند از طریق پر شدن و افزایش وزن دانه، عملکرد را نیز افزایش دهد (فلاویو و همکاران، ۲۰۰۷). اثر متقابل *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد تأثیر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰ دانه داشت. بیشترین وزن ۱۰۰ دانه با استفاده *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* همراه با ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد به‌دست آمد که با بقیه تیمارها به‌جز تیمار عدم کاربرد *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و ۵۰۰ کیلوگرم اختلاف معنی‌داری را نشان داد. این تیمار سبب شد تا وزن ۱۰۰ دانه در مقایسه با شاهد ۲۸/٦ درصد افزایش یابد (جدول ٤). این افزایش می‌تواند ناشی از اکسایش گوگرد و در نتیجه بهبود تغذیه گیاه و افزایش انتقال موادغذایی به دانه شود. یافته‌های به‌دست آمده توسط بالویی و همکاران، (۲۰۰۹) نشان داد که کاربرد گوگرد و همچنین تلقیح گوگرد با *تیوباسیلوس* موجب افزایش معنی‌داری در وزن هزار دانه سویا شد.

عملکرد بیولوژیک: بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که عوامل مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک ذرت داشتند (جدول ۲). تلقیح میکوریزا عملکرد بیولوژیک را به مقدار ۱۲ درصد

Archive of SID

www.SID.ir

نسبت به عدم تلقیح افزایش داد. این افزایش عملکرد به‌دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و به‌دنبال آن دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک می‌باشد. کارلینگ و برون (١٩٨٢) اظهار نمودند که یکی از مهمترین آثار کاربرد قارچ‌های میکوریز افزایش عملکرد گیاهان زراعی، به‌خصوص در خاک‌های با حاصلخیزی پایین است. با کاربرد باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس*، عملکرد بیولوژیکی حدود ١٥ درصد نسبت به عدم استفاده *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* افزایش داشت. افزایش عملکرد می‌تواند ناشی از اسیدی کردن محیط ریزوسفری گیاه و افزایش دسترسی به عناصر غذایی و نیز بهبود تغذیه گیاه باشد. مصرف گوگرد نیز سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک شد به‌طوری‌که کمترین میزان عملکرد در شاهد مشاهده شد. کاربرد ٢٥٠ و ٥٠٠ کیلوگرم در هکتار گوگرد با عملکرد ٢٥/٤٧ و ٢٨/٥٦ تن در هکتار باعث افزایش ١٤/٦ و ٢٣ درصد عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد (جدول ٣).

عملکرد دانه: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عملکرد دانه در هکتار به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر عوامل به‌کار برده شده در آزمایش قرار گرفت (جدول ٢). به‌طوری‌که کاربرد میکوریزا و مصرف توأم *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* همراه با گوگرد در سطح ٥ درصد و استفاده از *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و کود گوگرد در سطح ١ درصد به‌طور معنی‌داری بر عملکرد دانه تأثیر داشتند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد میکوریزا و *تیوباسیلوس تیواکسیدانس*، میزان عملکرد دانه ذرت را به‌ترتیب ٦/٣٥ و ١٤/٤٧ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ٣). عبدالفتاح و همکاران (٢٠٠٢) گزارش نمودند که تلقیح گیاه باقلا با قارچ میکوریزا، کلونیزاسیون ریشه، تولید ماده خشک و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. در آزمایشی بالویی و همکاران (٢٠٠٩) تأثیر *تیوباسیلوس* و میکوریزا در سطوح مختلف گوگرد بر سویا بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که *تیوباسیلوس* موجب افزایش عملکرد سویا شد اما تأثیر میکوریزا بر عملکرد معنی‌دار نبود.

کاربرد ٢٥٠ و ٥٠٠ کیلوگرم گوگرد عملکرد را به‌میزان ١٢/٣٥ و ٢١/٦١ درصد نسبت به شاهد (عدم کاربرد کود گوگرد) افزایش داد. تأمین گوگرد موردنیاز گیاه و کاهش pH خاک ناشی از اکسایش گوگرد می‌تواند دسترسی گیاه را به عناصر کم تحرک آسان‌تر نموده و سبب افزایش عملکرد در ذرت شود. حسن و اولسن (١٩٦٦) با بررسی اثر مصرف گوگرد بر ذرت پی بردند که عملکرد ذرت ٧٥ روز پس از مصرف گوگرد افزایش یافت که با نتایج این بررسی مطابقت داشت. کاپلن و اومن (١٩٩٨) در

Archive of SID

www.SID.ir

آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در خاک‌های آهکی دریافتند که مصرف گوگرد، عملکرد محصول و نیز مقدار آهن، روی، منگنز و فسفر جذب شده توسط سورگوم را افزایش داد. بررسی نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد همزمان *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و گوگرد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت (جدول ۲). همان‌طور که در جدول ٤ مشاهده می‌شود بین ترکیب تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین مقدار عملکرد (۱۱/۳۱ تن در هکتار) از کابرد *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد حاصل شد که با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. مک کرادی و کراس (۱۹۸۲) با تلقیح خاک به‌وسیله باکتری‌های *تیوباسیلوس* مشاهده کردند که میزان اکسایش گوگرد، کاهش pH و مقدار سولفات تولید شده در خاک تلقیح شده بیشتر از خاک بدون تلقیح می‌باشد. در نتیجه این اکسایش و کاهش pH خاک، دسترسی ریشه به عناصری چون فسفر و عناصر کم مصرف بیشتر شده و در نتیجه سبب بهبود تغذیه و افزایش عملکرد می‌شود (داوود و همکاران، ۱۹۸۵).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، نشان می‌دهد که عملکرد و برخی از خصوصیّات مورفولوژیکی ذرت از قبیل ارتفاع ساقه، وزن بلال، تعداد دانه در بلال، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تحت تأثیر عوامل به‌کار برده قرار گرفتند. استفاده از توانایی قارچ میکوریزا به‌منظور افزایش توانایی گیاه در جذب آب، موادغذایی و افزایش عملکرد ذرت سودمند بوده است. باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* با اکسایش گوگرد، pH خاک را کاهش داده و سبب بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه و افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی ذرت (به‌ترتیب ۱۰/۰۲ و ۲۷/۳۲ تن در هکتار) گردید. همچنین کاربرد کود گوگرد از طریق بهبود تغذیه گوگردی گیاه و کاهش pH خاک تأثیر معنی‌داری در افزایش رشد و عملکرد ذرت داشته است. کاربرد توأم باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* و کود گوگرد نیز موجب تشدید کاهش pH خاک و افزایش بهبود تغذیه گیاه شد. با کاربرد همزمان این باکتری با ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، حدود ۳۰ درصد افزایش در عملکرد ذرت مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد که با انتخاب سطح مناسب گوگرد و تلقیح آن با باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* می‌توان به نتایج بهتری دست یافت. بنابراین، به‌منظور تعیین و دستیابی به‌این سطح مناسب انجام آزمایش‌های عملی ضروری می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع

1.Ardekani, M.R., Majd, F., Mazaheri, D., and Noormohamadi, Gh. 2001. Evaluation of azospirillum, mycorrhiza and Streptomyces efficiency with manure utilization in wheat by using 32P. J. Agri. Sci. of Iran. 3(1): 56-69. (In Persian)

2.Amir Abadi, M., Rejali, F., Ardekani, F.R., and Berjy, M. 2009. Effect of azetobacter and mycorrhiza fungi inoculation on observation of some nutrient by silage corn. J. Res. soil. 23(1): 107-115. (In Persian)

3.Abdel-fattah, G.M., Migaher, F.F., and Ibrahim, A.H. 2002. Interactive effects of endomycorryhizal fungus *Glomus etunicatum* and phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions. Pakist. J. Biologi. Sci. 5: 835-841.

4.Al-Kgraki, G.N., and Clark, R.B. 1998. Water stress mycorrhiza isolates effect on growth and nutrient accusation of wheat. J. Plant Nutr. 21: 891-901.

5.Attoe, O.J., and Olson, R.A. 1966. Factors affecting the rate of oxidation of elemental sulfur and that added in rock-phosphate-sulfur fusion. Soil Sci. 101: 317-324.

6.Bago, B., and Azcon-Aguilar, C. 1997. Changes in the rhizospheric pH induced by arbuscular mycorrhiza formation in onion (*Allium Cepa* L.). J. of Plant Nutri and Soil Sci. 160: 333-339.

7.Bahmanyar, M.A., Ramzanpoor, M.R., and Bahrevar, H.R. 2005. Evalution seed yield and and quality of soybean under the effect of sulfur and magnesium fertilizers. The ninth Soil Science Congress of Iran. Compilation of Papers. Pp: 160. (In Persian)

8.Balloei, F., Ardakani, M.R., Rejali, F., Ramzanpoor, M.R., Alizade, G.R., and Mohebbati, F. 2009. Effect of Thiobacillus and Mycorrhiza fungi under different levels of sulfur on yield and yield components of soybean. International Symposium "Root Research and Applications" RootRAP, 2–4 September, 2009, Boku –Vienna, Austria.

9.Besharati, H., and Salehrastin, N. 1999. Effect of inoculum bacteria Thiobacillus combination with sulfur used in enhance phosphorus uptake. J. of Soil and Water Sci. 13(1): 23-39. (In Persian).

10.Besharati, H. 1998. Effects of the sulfur applications with Thiobacillus species in the ability to absorb certain nutrients in the soil. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tehran University, 120p. (In Persian).

11.Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-Total. PP. 1082-1122. In: D.L. Sparks et al., (Eds). Methods of Soil Analysis. Part III, 3rd Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.

12.Burns, G.R. 1967. Oxidation of sulfur in soils. Tech. Bull. 13. The sulfur Institute, Washington, DC. 350p.

Archive of SID

www.SID.ir

13.Carling, D.E., and Brown, M.F. 1982. Anatomy and physiology of vesicular arbuscular and non mycorrhizal roots. Phyto. 72: 1108–1114.
14.Cifuentes, F.R., and Lindemann, W.C. 1993. Organic matter stimulation of elemental sulfur oxidation in calcareous soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 727-731.
15.Dawood, F., Al-Omaqri, S.M., and Murtatha, N. 1985. High levels of sulfur affecting availability of some micronutrients in calcareous soils. Pp: 55-68. In: Proc. Sec. Reg. conf. on sulfur and its usage in Arab countries. Riyadh, 2-5 March, 1985, Saudi Arabia.
16.Flavio, H., Gutierrez, B., Prystupa, P., and Gustavo, F. 2007. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. J. of Plant Nutri. 30: 1, 93-104.
17.Gavito, M.E., Curtis, P.S., Mikkelson, T.N., and Jakobsen, I. 2000. Atmospheric CO_2 and mycorrhizae effect on biomass allocation and nutrient uptake of nodulated pea (*Pisum sativum* L.) plants. J. Exp. Bot. 51(352): 1931-1938.
18.Hasan, N., and Olson, R.A. 1966. Influence of applied sulfur on availability of soil nutrients for corn (*Zea mays* L.) nutrition. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 284-286.
19.Hoeft, R.G., and Sorensen, R.C. 1969. Micronutrient availability in three soil materials as affected by application of zinc, lime and sulfur. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 284-286.
20.Janzen, H.H., and Bettany, A. 1987. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in a calcareous soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 727-731.
21.Kalbasi, M., Manuchehri, N., and Filsoof, F. 1988. Local acidification of soil as a means to alleviate iron chlorosis on Quince orchards. J. Plant Nutr. 9(3-7): 1001-1007.
22.Kaplan, M., and Orman, S. 1998. Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in a calcareous soil in Turrkey. J. Plant Nutr. 21(8): 1655-1665.
23.Kariminia, A. 1987. The identification of Thiobacillus species isolated some of soils from Iran and their effect on reduction soil pH. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tehran University, 114p. (In Persian).
24.Kelly, D.P., and Harrison, A.P. 1989. Genus Thiobacillus. 1942-1858. In J.T. Staley (ed). bergey´s Manual of Systematic Bacteriology. YoI. ^{39}th ed. Williams and Wilkins, Baltimore. U.S.A.
25.Kittams, H.A., and Attoe, O.J. 1965. Availability of phosphorus in rock phosphate-sulfur fusion. Agro J. 57: 331-34.
26.Liu, A., Hamel, C., Hamilton, R.I., and Smith, D.L. 2000. Mycorrhizae formation and nutrient uptake of new corn (*Zea mays* L.) hybrids with extreme canopy and leaf architecture as influenced by soil N. and P. levels. Plant and Soil. 221: 157-166.

Archive of SID

www.SID.ir

27.Mc Cready, R.G.L., and Krouse, H.R. 1982. Sulfur isotope fractionation during the oxidation of elemental sulfur by Thiobacillus in a solonetzic soil. Can. J. Soil Sci. 92: 105-110.
28.Miller, J.R. 1965. Effect of sulfur and gypsum addition on availability of rock phosphate. Soil Sci. 82: 1129-134.
29.Modaihsh, S., Al-Mustafa, W.A., and Metwally, A.E. 1989. Effect of elemental sulfur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils. Plant and Soil. 116: 95-101.
30.Morvedt, J.J., Giordano, P.M., and Lindsay, W.L. 1991. Micronutrient in agriculture. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin USA, 666p.
31.Mukherjee, D., and Singh, R.K. 2002. Influence of sulphur, iron and silicon nutrition on growth and yield of irrigated mustard. Haryana J. Agron. 18 (1 and 2): 50-2.
32.Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Pp: 961-1010. In: D.L. Sparks et al., (Eds). Methods of Soil Analysis. Part III, 3rd Ed. American Society of Agronomy, Madison, WI.
33.Nourgholipour, F., Khavazi, K., Besharati, H., and Fallah, A. 2006. Evaluation of Rock phosphate and thiobacillus application affecting the yield and quality of soybean and their residual on corn growth. J. of Soil and Water. 20(1): 122-132. (In Persian)
34.Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular 939. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
35.Ortus, I., and Harris, P.J. 1996. Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen. Plant and Soil. 184: 225-264.
36.Parniske, M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant rootendosymbioses. Nat. Rev. Microbiol. 6: 763–775.
37.Qiangsheng, W., Renxue, X., and Zhengjia, H. 2006. Effect of arbuscular mycorrhiza on the drought tolerance of *Poncirus trifoliate* seedlings. J. Front. Fore. In China. 1: 100-104.
38.Richards, L.A. 1969. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, U.S. Government Printing Office, Wash-ington. D.C, 160p.
39.Rigou, L., and Mignard, E. 1994. Factors of acidification of the rhizosphere of mycorrhiza plants: Measurement of p CO_2 in the rhizosphere. Acta. Bot. Gall. 141: 533-539.
40.Schultz, C. 2001. Effect of (vesicular-arbuscular) mucorrhiza on survival and palms (Elaeis guineensis Jacq.). Ph.D. Thesis. The University of Gottingen, 160P.
41.Song, H. 2005. Effects of vam on host plant in condition of drought stress and its mechanisms. Elect. J. of Biol. 1(3): 44-48.

Archive of SID

www.SID.ir

42.Smith, S.E., and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis, 3rd ed. Academic Press Inc., London, UK, 815p.
43.Stamford, N.P., Freitas, A.D., Ferraz, D.S., and Santos, C.E.R.S. 2002. Effect of sulfur inoculated with Thiobacillus on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes. J. Agric. Sci. 139, 275-281.
44.Stevenson, F.J. 1986. Cycles of soil. John Wiley and Sons Inc., New York. 380p.
45.Subramanian, H., and Charest, S. 1999. Acquistion if N by external hyphae of an arbuscular mycorrhizal fungi and its impact on physiological responses in maize under drought stress and well watered conditions. Myco. 9: 69–75.
46.Tabatabai, M.A. 1986. Sulfur in Agriculture. Am. Soc. of Agronomy Inc., Madison, Wis., USA. 668p.
47.Tate lll, R.L. 1995. The sulfur and related biogeochemical cycle. P: 359-372. In M. Alexander (ed) Soil Microbiology. John Wiley and Sons Inc., New York.
48.Tisdal, S.L., Nelson, W.L., and Beaton, J.D. 1984. Soil Fertility and Fertilizers. 4th. Ed., McMillon Publishing Company, New York. 412p.
49.Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Tawaha, A.M. 2006. Significance of Mycorrhizae. World J. Agri. Sci. 2: 16–20.
50.Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Adv in Agron. 37: 349-396.

Archive of SID

www.SID.ir

J. of Soil Management and Sustainable Production, Vol. 4(1), 2014
http://ejsms.gau.ac.ir

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Evaluation of mycorrhizal symbiosis, *Thiobacillus thiooxidans* and sulfur application effects on growth characteristics and yield of Corn (*Zea mays* L.)

***A. Ansori[1], A. Golami[2], H. Abasdokht[2], M. Gholipoor[2], M. Baradaran[3] and A.R. Falah Nosratabad[4]**

[1]M.Sc. Student, Dept. of Agronomy, Shahrood University of Technology,
[2]Associate Prof., Dept. of Agronomy, Shahrood University of Technology,
[3]Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Shahrood University of Technology,
[4]Assistant Prof. of Soil and Water Research Institute, Karaj

Received: 07/02/2012 ; Accepted: 02/17/2013

Abstract

In order to improve soil fertility, increase nutrient uptake and plant health, use of useful soil organisms is the best scientific method that help balance the stability of soil as a living system. In order to evaluate the effect of mycorrhizal fungi, *Thiobacillus thiooxidans* and sulfur fertilizer on growth and yield of corn' a field experiment was arranged in a factorial based on completely randomized design with three replications. Mycorrhizae and *Thiobacillus thiooxidans* were at two levels (with (M_1 and T_1) and without (M_0 and T_0) inoculation) and three levels of sulfur (S_0: 0 $kg.ha^{-1}$, S_1: 250 $kg.ha^{-1}$ and S_2: 500 $kg.ha^{-1}$). Results showed that inoculation of mycorrhizae, *Thiobacillus thiooxidans*, and sulfur application decreased soil pH and increased grain yield, grain number per ear, stem height, weight of 100 grains (except mycorrhizae) and biological yield significantly compared to control plants. The interaction of sulfur and *Thiobacillus thiooxidans* was significant on all traits studied except for biological yield. Interaction of mycorrhizae and *Thiobacillus thiooxidans* on soil pH decrease and on stem height increase were significant.

Keywords: *Thiobacillus thiooxidans*, Sulfur, Mycorrhizae, Yield, pH

* Corresponding Authors; Email: aliansori98@yahoo.com

Archive of SID

www.SID.ir