نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۱، بهار ۱۳۹۳، ص. ۵۹-۵۱

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 1, Spring 2014, p. 51-59

ارزیابی اثر تلفیقی کاربرد گوگرد با*تیوباسیلوس* بر عملکرد کیفی و خصوصیات مورفولوژیک گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

فخرالسادات نوربخش[۱]، محمدعلی بهدانی[۲*]، مجید جامی الاحمدی[۲] و سهراب محمودی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۳۱

چکیده

با توجه به قلیائیت بالای بیشتر خاک‌های ایران و عدم دسترسی کافی گیاهان به برخی عناصر غذایی در این شرایط، مصرف گوگرد یکی از راهکارهای افزایش دسترسیبه عناصر غذایی غیرقابل حل به ویژه در خاک‌های آهکی و قلیایی محسوب می‌شود. البته شرط بهره‌برداری از توان بالقوه گوگرد، حضور ریزجانداران اکسیدکننده به ویژه باکتری‌های *تیوباسیلوس* می‌باشد. این آزمایش با هدف بررسی عملکرد کیفی و خصوصیات مرفولوژیک گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر کودهای گوگردی و *تیوباسیلوس* در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها دو فاکتور کود گوگرد آلی گرانوله در چهار سطح (۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* در چهار سطح (۰، ۱، ۲ و ۳ کیلوگرم در هکتار به ازای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی) بودند. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع و قطر ساقه اصلی و خصوصیات کیفی شامل محتوی پروتئین و روغن دانه و غلظت گوگرد و فسفر برگ گلرنگ بودند. نتایج نشان داد که اثر ساده کود گوگرد و کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی*تیوباسیلوس* و اثر متقابل آنهابر درصد روغن و پروتئین بذر، غلظت فسفر برگ، غلظت گوگرد برگ و ارتفاع و قطر ساقه اصلی گلرنگ معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بالاترین درصد پروتئین بذر مربوط به تیمار۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد برابر با ۲۰/۴ درصد بود و کمترین درصد پروتئین بذر برابر با ۱۷/۱ درصد مربوط به شاهد بود. کمترین درصد روغن (۱۸/۷ درصد) برای شاهد مشاهده شد و تیمار۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بیشترین افزایش درصد روغن بذر را به میزان ۲۶ درصد نسبت به شاهد به خود اختصاص داد. بیشترین ارتفاع و قطر ساقه اصلی گلرنگ برای تیمار کاربرد ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*مشاهده شد. بنابراین، با توجه به نتایج به نظر می‌رسد که می‌توان مصرف تلفیقی گوگرد به همراه تلقیح با باکتری *تیوباسیلوس* را به عنوان راهکاری اکولوژیک در راستای دستیابی به افزایش رشد و تولید کمی و کیفی گیاهان دانه روغنی نظیر گلرنگ، به ویژه در خاک‌های با قلیائیت بالا، مدنظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: فراهمی عناصر غذایی، کود بیولوژیک، گیاه روغنی، میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده

مقدمه

جمعیت جهان از شش میلیارد نفر در سال ۲۰۰۰ میلادی به هشت میلیارد، در سال ۲۰۲۰ میلادی و به ۹/۴ میلیارد نفر در سال ۲۰۵۰ خواهد رسید (Lal, 2000). این افزایش جمعیت، تأمین مواد غذایی و منابع انرژی انسان را از طریق منابع پر انرژی (از جمله دانه-های روغنی) ضروری می‌سازد. به دلیل تنوع آب و هوایی در ایران، امکان کشت بسیاری از دانه‌های روغنی وجود دارد. در این رابطه کشت گیاهان دانه روغنی نظیر گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) که از نظر کیفیت روغن دانه و دارویی مهم هستند، دارای اهمیت است (Naraki, 1998). از آنجا که مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی یکی از عوامل مؤثر کاهش کمیت و کیفیت دانه‌های روغنی است، لذا مصرف بهینه کود بسیار ضروری می‌باشد (ChakerAlhosseini, 2006).

گوگرد یکی از عناصر ضروری مورد استفاده برای گیاهان می-باشدکه بیش از ۱۷۰ سال است به عنوان عنصر غذایی ضروری و پرمصرف گیاه شناخته شده و از این لحاظ، در ردیف پنجم پس از نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم قرار می‌گیرد (Salardini, 1995). کمبود این عنصر در گیاه عملکرد را در نتیجه تغذیه نامناسب کاهش می‌دهد و از ارزش کیفی محصولات مانند درصد پروتئین و روغن نیز می‌کاهد (Ghorbani Nasr Abadi, 2002). مواداهار (Mudahar,

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد اگرواکولوژی و دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

Archive of SID
www.SID.ir

1986) دریافت که مشارکت گوگرد در ساختمان اسیدهای آمینه‌ای چون لیستین و سیستئین باعث افزایش کیفیت پروتئین می‌گردد. کمبود این اسید آمینه‌های گوگرددار مهم‌ترین عامل محدودکننده ارزش بیولوژیکی پروتئین‌ها است. البته بایستی به این نکته توجه گردد که شرط اصلی اثربخشی‌گوگرد، سرعت مناسب اکسایش آن در خاک است؛ به نحوی‌که بتواند در طی دوره رویشی گیاه، علاوه بر تأمین سولفات، با خاصیت اسیدزایی و کاهش pH، در مقیاس ریزجایگاه‌های ریزوسفری، قابلیت فراهمی سایر عناصر غذایی مانند فسفر و آهن را نیز بهبود بخشد (Tabatabai, 1986). از آنجا که اکسایش گوگرد فرآیندی عمدتاً بیولوژیک محسوب می‌شود (Tate, 2000)، تحقق این شرط مستلزم وجود جمعیت بالایی از ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد عنصری است که باکتری‌های جنس *تیوباسیلوس*[1] از مؤثرترین انواع آنها هستند (Ghorbani Nasr Abadi, 2002).

روش اصلی تغذیه این باکتری‌ها، شیمیولیتوتروفی است که از واکنش اکسایش گوگرد، انرژی لازم برای انجام فعالیت‌های حیاتی را کسب می‌کنند. اسید سولفوریک حاصل از اکسایش گوگرد، موجب افزایش حلالیت ترکیبات فسفاتی نامحلول می‌گردد (Oldeman, 1998). برخی بررسی‌ها مؤید این مطلب است که باکتری *تیوباسیلوس*با اکسید کردن گوگرد در خاک، اسید سولفوریک تولید کرده که موجب افزایش حلالیت ترکیبات نامحلول مانند اکسیدها، کربنات‌ها و سیلیکات‌ها می‌گردد. گزارش شده است که اکسایش گوگرد در خاک‌های تلقیح شده با باکتری‌های *تیوباسیلوس* حدود ۱۱ برابر بیشتر از خاک‌های تلقیح‌نشده بود (BesharatiKelayeh, 1998). درودیان و همکاران (Doroudian et al., 2010) در آزمایشی روی ذرت (*Zea mays* L.) بیان کردند اسیدیته خاک در تیمار گوگرد تلقیح شده با باکتری *تیوباسیلوس*، تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت، ولی اثر متقابل گوگرد و باکتری *تیوباسیلوس* بر اسیدیته خاک معنی‌دار بود.

کاهش اسیدیته خاک حتی به‌طور موضعی یکی از روش‌های مؤثر مقابله با کمبود فسفر و ریز مغذی‌ها در خاک‌های آهکی و قلیایی به شمار می‌رود. معتمد (Motamed, 2006) دریافت که حداکثر عملکرد کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) (درصد پروتئین) مربوط به تیمار سطح بالای گوگرد یعنی ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد کشاورزی در ۲۰ هکتار بود. با توجه به فراوانی گوگرد و اثرات مفید آن بر گیاه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای مناطق خشک و نیمه‌خشک و همچنین وجود فنآوری‌های لازم برای تولید انبوه *تیوباسیلوس* و تأثیر مثبت آن در اصلاح خاک‌های قلیا و افزایش اکسیداسیون گوگرد در خاک، این تحقیق به منظور بررسی اثرات مصرف توأم کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی*تیوباسیلوس* و گوگرد آلی گرانوله بر برخی خصوصیات رویشی و کیفی گیاه دانه روغنی گلرنگ در شرایط آب و هوایی بیرجند انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی برخی خصوصیات رویشی و کیفی گیاه دانه روغنی گلرنگ بهاره تحت تأثیر توأم تلقیح با کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* و مصرف گوگرد آلی گرانوله در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۴۸۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل مصرف کود گوگرد آلی گرانوله در چهار سطح (۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب معادل باصفر، ۱۳۵، ۱۸۰ و ۲۵۵ کیلوگرم گوگرد خالص در هکتار) و تلقیح با کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی*تیوباسیلوس* در چهار سطح (صفر، ۱، ۲ و ۳ کیلوگرم در هکتار به ازای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی گرانوله) انجام شد.

به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، نمونه‌برداری از عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام شد (جدول ۱).

کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر مبنای ۹۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، ۴۷ کیلوگرم در هکتار K_2O و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 (به ترتیب از ۱۹۵ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیترات پتاسیم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) در نظر گرفته شد. تمام کود فسفره و پتاسه و یک سوم کود نیتروژن قبل از کاشت به خاک اضافه شد. هر کرت شامل پنج ردیف کاشت به طول پنج متر و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر بود. عملیات کاشت بذر گلرنگ (ژنوتیپ IL_{111}) به‌صورت جوی- پشته‌ای با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و با فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر با دست در نیمه دوم فروردین ماه انجام شد. فاصله کرت‌ها و بلوک‌ها به ترتیب برابر با ۱/۵ و ۳ متر در نظر گرفته شد. اولین آبیاری به‌منظور تسهیل در سبز شدن بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با دور هفت روز یکبار به شیوه سیفونی تا پایان فصل رشد انجام شد. به‌منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها انتهای کرت‌ها بسته شد و آبیاری کرت‌ها و بلوک-ها به صورت جداگانه انجام گرفت. همچنین برای هر بلوک جوی فاضلاب جداگانه در نظر گرفته شد تا آب خروجی احتمالی از کرت-های حاوی تیمار کودی وارد دیگر کرت‌ها نگردد. کود گوگرد آلی گرانوله بر اساس مساحت هر کرت بر طبق تیمارهای تعیین شده به صورت جداگانه آماده شد و همزمان با مرحله تنک و قبل از مرحله ساقه‌دهی به خاک اضافه گردید.

1- *Thiobacillus*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Soil physical and chemical properties

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	محتوی کربن آلی (٪) Organic carbon content (%)	محتوی نیتروژن کل (٪) Total nitrogen (%)	محتوی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Content ($mg.kg^{-1}$)		سولفات محلول (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) Soluble SO_4^{-2} ($meq.l^{-1}$)	محتوی (درصد) Content (%)		
				فسفر قابل جذب Available P	پتاسیم قابل جذب Available K^+		رس Clay	سیلت Silt	شن Sand
3.86	7.94	0.04	0.009	4	248	0.5	21	19	60

کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* نیز مطابق با سطوح تعیین شده به صورت جداگانه آماده شد و همزمان با مصرف کود گوگرد آلی گرانوله، در شیارهای کوچکی به عمق هشت سانتی‌متر و با فاصله پنج سانتی‌متر از خطوط کاشت در تیمارهای مورد نظر جایگذاری و سپس روی آن با خاک پوشانیده شد.

عملیات برداشت دستی با حذف اثرات حاشیه‌ای (۰/۵ متر از طرفین)، انجام گرفت. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شد و اندازه‌گیری‌های کمی و کیفی شامل ارتفاع و قطر ساقه اصلی و درصد روغن و پروتئین صورت گرفت. بقیه گیاهان برای ارزیابی صفات کیفی برداشت گردیدند.

جدول ۲- تغییرات اسیدیته و محتوی فسفر خاک در تیمارهای آزمایش پس از برداشت گلرنگ تحت تأثیر کودهای گوگردی و *تیوباسیلوس*

Table 2- pH and phosphorus content of soil after harvesting safflower affected by sulfur and *Thiobacillus*fertilizers

تیمار Treatment	اسیدیته pH	محتوی فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Phosphorus content ($mg.kg^{-1}$)
شاهد Control (C)	8	3.65
گوگرد Sulfur (S)	7.4	2.4
گوگرد+*تیوباسیلوس* S+*Thiobacillus*	6.9	2.9

ارتفاع بوته از محل طوقه تا زیر طبق اصلی و ارتفاع اولین انشعاب از سطح خاک نیزاندازه‌گیری و ثبت شد. قطر ساقه با استفاده از کولیس در قسمت پایین، وسط و بالای ساقه اصلی اندازه‌گیری گردید و میانگین آنها به‌عنوان قطر ساقه در نظر گرفته شد. محتوی روغن دانه، از روش استخراج با حلال آلی هگزان و با استفاده از دستگاه سوکسله مدل ۲۰۵۰ اندازه‌گیری شد (AOCS, 1993). اندازه‌گیری درصد پروتئین دانه با استفاده از روش کجلدال انجام شد. اندازه‌گیری محتوی گوگرد و فسفر برگ با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۳۰ نانومتر انجام شد(Cottenie, 1980). همچنین پس از برداشت گلرنگ نیز نمونه‌های خاک از تیمارهای مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل شدند. از آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کاربرد کود گوگرد و تلقیح با کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* و اثر متقابل آنها بر درصد روغن بذر، درصد پروتئین بذر، غلظت فسفر برگ، غلظت گوگرد برگ، ارتفاع و قطر ساقه اصلی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جداول ۳ و ۴).

بالاترین درصد پروتئین بذر مربوط به تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد برابر با ۲۰/۴ درصد بود. البته از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سطح سوم گوگرد (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) نداشت (جدول ۴). افزایش درصد پروتئین بذر تحت شرایط استفاده از گوگرد به تأثیر این عنصر ضروری در ساختار بعضی از اسیدهای آمینه مانند متیونین، سیستین و سیستئین بر می‌گردد (Khoshghoftar Manesh & Siadat, 2002). کمترین درصد پروتئین بذر برابر با ۱۷/۱ درصد مربوط به شاهد بود. البته از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با سطح دوم *تیوباسیلوس* نداشت. میزان افزایش این صفت در تیمارهای دو و سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* نسبت به شاهد به ترتیب برابر با ۱۰ و۱۲ درصد بود (جدول ۵). از آنجا که تولید اکسین یکی از مکانیسم‌های باکتری‌های *تیوباسیلوس* می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعات درودیان و همکاران (Doroudian et al., 2010) به نظر می‌رسد که اکسین ترشح شده از باکتری *تیوباسیلوس*، میزان تنفس سلولی را افزایش داده که این امر به دلیل پروتئین‌سازی در سلول، افزایش محتوی پروتئین را به دنبال داشته است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- نتایج آنالیز واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات کیفی گلرنگ تحت تأثیر تیمارهای گوگرد و بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*

Table 3- Results of analysis of variance (mean squares) of safflower quality characters, as affected by sulfur and bio-sulfur containing *Thiobacillus*

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	محتوی پروتئین دانه Seed protein content	محتوی روغن بذر Seed oil content	محتوی گوگرد برگ Leaf sulfur content	محتوی فسفر برگ Leaf phosphorus content
گوگرد Sulfur (S)	3	86.76832**	107.8863**	0.003938**	0.029036**
تیوباسیلوس *Thiobacillus*(T)	3	47.49585**	21.6731**	0.000744**	0.003308**
T×S	9	12.62053**	1.45575*	0.00015**	0.001693**
کل Total	47	1575.541	9.007657	0.004899	0.035031
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.67	5.66	6.7	2.21

* و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: are non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

بیشترین درصد افزایش پروتئین بذر برای تیمار ۵۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی گرانوله با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به میزان ۳۰ درصد نسبت به شاهد به‌دست آمد (جدول ۶).

احتمالاً با افزایش سطوح کود گوگرد و *تیوباسیلوس*، جذب فسفر افزایش یافته که در نتیجه به دلیل فراهمی فسفرلازم برای ساخت ATP، انجام تنفس سلولی و افزایش میزان پروتئین را به دنبال داشته است.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر گوگرد بر خصوصیات کیفی برگ و دانه و خصوصیات رشدی گلرنگ

Table 4- Mean comparison for effect of sulfur on safflower qualitative characteristics of leaf and seed and growth traits

مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfur level ($kg.ha^{-1}$)	محتوی پروتئین (درصد) Protein content (%)	محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	غلظت گوگرد برگ (درصد) Leaf sulfur concentration (%)	غلظت فسفر برگ Leaf sulfur concentration (%)	ارتفاع ساقه اصلی (سانتی‌متر) Stem height (cm)	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)
0	17.05c*	18.74c	0.214c	0.133c	40.90c	4.16b
300	19.26b	24.17 b	0.230b	0.166b	48.08b	6.62a
400	20.31a	24.30b	0.235a	0.202a	51.94a	6.62a
500	20.37a	25.41a	0.236a	0.202a	52.12a	6.66a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSD ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means within each column followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تلقیح با بیوسولفور بر خصوصیات کیفی برگ و دانه و خصوصیات رشدی گلرنگ

Table 5- Mean comparison for effect of bio-sulfur inoculation on safflower qualitative characteristics of leaf and seed and growth traits

مقدار بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* (کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)	محتوی پروتئین (درصد) Protein content (%)	محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	غلظت گوگرد برگ (درصد) Leaf sulfur concentration (%)	غلظت فسفر برگ Leaf sulfur concentration (%)	ارتفاع ساقه اصلی (سانتی‌متر) Stem height (cm)	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)
0	18.29c*	21.66d	0.225c	0.168b	45.16b	5.5c
1	18.65c	22.49 c	0.225c	0.167b	45.61b	5.58 bc
2	19.16b	23.78b	0.230b	0.183a	50.9a	5.79b
3	20.89a	24.69a	0.235a	0.185a	51.38a	7.20a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون FLSD ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means within each column followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر درصد پروتئین دانه گلرنگ

Table 6- Mean comparison for interaction effect of sulfur levels and bio-sulfur inoculation on protein content of safflower seed

مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfurlevel ($kg.ha^{-1}$)	مقدار بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)			
	0	1	2	3
0	15.56 i*	17.21 hi	17.1 hi	17.33 h
300	18.28 g	18.58 fg	19.4 cde	20.79 b
400	19.18 ef	19.31de f	20.10 bc	22.66 a
500	19.16 ef	19.51 cde	20.04 cd	22.77 a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSD ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letter are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

نتایج مندرج در جدول ۴ نشان می‌دهد که کمترین درصد روغن (۱۸/۷ درصد)مربوط به شاهد می‌باشد و تیمار۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بیشترین افزایش درصد روغن بذر را به میزان ۲۶ درصد نسبت به شاهد به خود اختصاص داده است و بین تیمارهای ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.احمد و عابدین (Ahmad &Abdin, 2000) دریافتند که در بذر کلزا (*Brassica napus* L.) تجمع روغن با افزایش فعالیت استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز مطابق بود. فعالیت این آنزیم استیل کوآنزیم آ را برای ورود به چرخه کربس تولید می‌کند (Kafi et al., 2009). از آنجا که کاربرد گوگرد سبب افزایش غلظت پروتئین می‌گردد، بنابراین، غلظت این آنزیم در پاسخ به افزایش مصرف کود گوگرد افزایش یافته است. از طرف دیگر، با در نظر گرفتن این مطلب که کود گوگرد سبب افزایش میزان فتوسنتز می‌شود (Terry, 1976)،به نظر می‌رسد که مصرف گوگرد مواد اولیه مورد نیاز برای تولید این آنزیم را افزایش داده که این امر منجر به بهبود درصد روغن و سایر مواد مرتبط با این آنزیم شده است. بالاترین درصد روغن برای تیمار سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* مشاهده شد که ۱۵درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. کمترین مقدار آن مربوط به شاهد بود (جدول ۵). بیشترین افزایش درصد روغن بذر برای تیمار۵۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی گرانوله با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به میزان ۴۰ درصد نسبت به شاهد بدست آمد و کمترین میزان برای شاهد به‌دست آمد (جدول ۷). این نتیجه برخلاف نتایج مطالعه نورقلی پور (NourGholi Pour, 2006) بود. این محقق اظهار نمود که کاربرد کود فسفات، گوگرد و باکتری *تیوباسیلوس* اختلاف معنی‌داری را از لحاظ درصد روغن دانه در مقایسه با تیمارهای مختلف ایجاد نکرد. با توجه به نقش فسفر به‌عنوان یکی از عناصر ضروری، به نظر می‌رسد که مصرف آن از طریق تأثیر بر ساختمان لیپیدها به خصوص فسفو لیپیدها درصد روغن بذر را افزایش داده است.

مصرف گوگرد، بهبود غلظت این عنصر را در عصاره برگ گلرنگ به ترتیب برابر با ۱۰و ۱۲ درصد افزایش نسبت به شاهد برای سطوح سوم و چهارم منجر گردید (جدول ۴). غلظت گوگرد برگ گیاه گلرنگ در سطح یک کیلوگرم در هکتار *تیوباسیلوس*با سطح شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی با افزایش کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به سطوح دو و سه کیلوگرم در هکتار غلظت گوگرد برگ به ترتیب برابر با ۹ و ۱۱ درصد نسبت به شاهد به طور معنی‌داری بهبود یافت (جدول ۵). در مطالعه‌ای بشارتی و همکاران (Besharati et al., 2003) روی ذرت اظهار نمودند که بیشترین غلظت گوگرد برگ برای تیمار ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به‌دست آمد. درودیان و همکاران (Doroudian et al., 2010) بیان کردند که اسید لاکتیک و پس از آن اسید مالیک، سوکسینیک و استیک به‌عنوان مؤثرترین اسیدهای مترشحه از باکتری‌های حل‌کننده فسفات می‌باشند که می‌توانند اسیدیته خاک را علی‌رغم خاصیت بافری آن تغییر دهند. به این ترتیب، مصرف گوگرد همراه با باکتری‌های *تیوباسیلوس* با کاهش موضعی pH اطراف منطقه ریزوسفر ریشه موجب بهبود حلالیت عناصر تثبیت‌شده در خاک‌های آهکی شده که در نتیجه افزایش جذب عناصر توسط گیاه را به دنبال دارد(Besharati, 2001). به نظر می‌رسد که تلقیح با باکتری *تیوباسیلوس* با کاهش اسیدیته خاک، جذب گوگرد را از خاک را افزایش داده است که در نتیجه غلظت گوگرد در بافت برگ افزایش یافته است. بیشترین غلظت گوگرد برگ برای تیمارهای ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی گرانوله با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* برابر با۱۶ درصد نسبت به شاهد بدست آمد و کمترین غلظت گوگرد برگ در شاهد حاصل شد (جدول ۸). تیمارهای ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بیشترین میزان افزایش غلظت فسفر برگ گلرنگ را به میزان ۳۴ درصد نسبت به شاهد دارا بودند که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. کمترین مقدار درصد فسفر برگ در بین تیمارهای مصرف کود گوگرد، در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد مشاهده شد که به میزان ۱۹ درصد بیش از شاهد بود (جدول ۴). بشارتی و همکاران (Besharati et al., 2003) بیان کردند که کاربرد گوگرد بر عملکرد، فسفر و آهن جذب شده توسط ذرت تأثیر معنی‌داری نداشت، اما بر میزان روی تأثیر معنی‌داری داشت. بشارتی (Besharati,

Archive of SID

www.SID.ir

2001) در مطالعه‌ای دیگر اظهار نمود که اکسایش گوگرد در خاک تأثیر مثبت و معنی‌داری بر حلالیت فسفات و فسفر قابل جذب گیاه دارد که در نتیجه با افزایش حلالیت این عناصر افزایش فراهمی آنها را برای گیاه بدنبال دارد. کوچک زاده (Koochekzadeh, 2003) بیان کرد که فسفر آزاد شده از خاک فسفات با اسید سولفوریک تولید شده طی فرآیند اکسایش گوگرد رابطه مستقیم دارد. بیشترین مقدار افزایش غلظت فسفر برگ در تیمارهای دو و سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به میزان ۱۰ درصد نسبت به شاهد بدست آمد که با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۵). نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که باکتری *تیوباسیلوس*با ترشح مواد محرک رشد (PGPR)[1] می‌تواند اثرات مفیدی بر قابلیت جذب فسفر در خاک به همراه داشته باشد. چنین به نظر می‌رسد که*تیوباسیلوس*ها از طریق ترشح اسیدهای آلی با روش-های متنوعی مثل اسیدی کردن محیط و کلاته کردن یون‌های مزاحم و یون فسفات بر حلالیت و پویایی فسفر معدنی خاک و با ترشح آنزیم‌هایی مثل فسفاتاز بر حلالیت فسفر آلی در خاک مؤثر هستند (Doroudian et al., 2010).بیشترین درصد افزایش فسفر برگ در تیمارهای۴۰۰ و ۵۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد آلی گرانوله با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به میزان۴۰ درصد نسبت به شاهد به‌دست آمد و کمترین غلظت فسفر برگ در شاهد مشاهده گردید (جدول ۹). در آزمایش درودیان و همکاران (Doroudian et al., 2010) بر گیاه ذرت اثر متقابل گوگرد تلقیح شده با باکتری *تیوباسیلوس*، کمپوست و آپاتیت بر میزان فسفر قابل جذب در خاک معنی‌دار گردید، به طوری‌که تیمار گوگرد تلقیح شده با باکتری *تیوباسیلوس* و کمپوست بیشترین فسفر قابل جذب خاک را به خود اختصاص دادند. دیالمی و محبی (Dialami&Mohebbi, 2010) بیان کردند که کاربردگوگرد به همراه مایه تلقیح *تیوباسیلوس* و کود دامی باعث اختلاف معنی‌داری در غلظت فسفر، پتاسیم، منگنز و روی در برگ نخل خرما (*Phoenix dactyliferal* L.) نسبت به شاهد گردید و تیمار گوگرد پودری به میزان ۱۰ درصد کود دامی به همراه مایه تلقیح *تیوباسیلوس* بیشترین غلظت فسفر برگ را نسبت به شاهد داشت. تیمارهای کودی ۳۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به ترتیب با افزایش ۱۴ و۲۱ درصدی ارتفاع نسبت به شاهد، کمترین و بیشترین افزایش ارتفاع ساقه گلرنگ را دارا بودند. با افزایش میزان کود، مقدار ارتفاع نیز افزایش یافت، به طوری‌که ارتفاع بوته در تیمار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نیز بیشتر از تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بود هر چند که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری میان تیمار ۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد وجود نداشت (جدول ۴). کاهش فتوسنتز و در پی آن کاهش منابع مورد نیاز رشد و تقسیم سلول، شاید عمده‌ترین دلیل افت شدید سرعت تقسیم سلولی در محدودیت سولفور باشد (Cao et al., 2001). بیشترین میزان ارتفاع در تیمار سه کیلوگرم در هکتار *تیوباسیلوس*که با تیمار دو کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* در یک کلاس آماری قرار داشتبه میزان ۱۲درصد نسبت به شاهد مشاهده شد. کمترین ارتفاع ساقه برای تیمار یک کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*بدست آمد که با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۵). دورودیان و همکاران (Doroudian et al., 2010) بیان کردندکه تولید اکسین یکی از مکانیسم‌های باکتری‌های *تیوباسیلوس* می‌باشد. از آنجا که اکسین نقش مؤثری بر بهبود طویل شدن سلول دارد، چنین به نظر می‌رسد که دلیل این امر به تأثیر تولید این باکتری‌ها بر اکسین مربوط باشد که در نتیجه افزایش ارتفاع ساقه را به دنبال داشته است. بیشترین میزان ارتفاع گیاه، در تیمارهای۴۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم درهکتار گوگرد به همراه سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس* به میزان ۲۷ درصد نسبت به شاهد مشاهده شد و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۱۰). افزایش ارتفاع بوته در نتیجه افزایش فسفر قابل دسترس توسط گیاه را نیز می‌توان این-چنین توجیه نمود که عنصر فسفر با اثرات مثبتی که بر افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای دارد، میزان جذب آب و عناصر غذایی ضروری به ویژه نیتروژن را افزایش داده است که این امر موجب بهبود ارتفاع ساقه شده است (Dordas, 2009). از طرف دیگر، برخی تحقیقات نشان داده است که فسفر باعث افزایش سودمندی نیتروژن می‌شود که به تبع آن رشد و نمو بخش رویشی گیاه نیز افزایش می‌یابد (NourMohammadi et al., 2001). صحرایی (Sahrayee, 2009) دریافت که کاربرد برگی کود فسفر در ابتدای ساقه‌دهی، ارتفاع بوته، ارتفاع سنبله از سطح زمین و طول میان‌گره آخر گندم را به طور معنی‌داری بهبود داد.

بیشترین قطر ساقه اصلی گلرنگ در تیمار۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به میزان ۳۷ درصد نسبت به شاهد مشاهده شد که با ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار آن برای شاهد برابر با ۴/۱ میلی‌متر حاصل شد (جدول ۴). با مصرف سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی*تیوباسیلوس*، بیشترین مقدار افزایش قطر ساقه اصلی به میزان ۲۳ درصد نسبت به شاهد به‌دست آمد (جدول ۵). علاوه بر این،چنین به نظر می‌رسد که ترشح اکسین از باکتری‌های *تیوباسیلوس* و به تبع آن افزایش تشکیل آوندهای چوبی منجر به افزایش قطر ساقه شده است. بیشترین میزان افزایش قطر ساقه برابر با ۵۱ درصد مربوط به تیمار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و سه کیلوگرم در هکتار *تیوباسیلوس* بود (جدول ۱۱).

1- Plant growth promoting rhizobacteria

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر محتوی گوگرد برگ گلرنگ

Table 7- Mean comparison for interaction effect of sulfur level and biosulfurinoculationon sulfur content of safflower leaf

مقدار بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)				مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfurlevel ($kg.ha^{-1}$)
3	2	1	0	
0.216f	0.215f	0.214f	0.210g*	0
0.235c	0.232d	0.226e	0.226e	300
0.244a	0.237bc	0.231d	0.231d	400
0.244a	0.238b	0.231d	0.233d	500

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSDندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر محتوی روغن دانه گلرنگ

Table 8- Mean comparison for interaction effect of sulfur level and biosulfurinoculationon oil content of safflower leaf

مقدار بیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)				مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfur level ($kg.ha^{-1}$)
3	2	1	0	
19.43 d	19.16 d	18.53 de	18.72 e*	0
25.58 b	25.05 b	23.17 c	22.91 c	300
25.64 b	25.36 b	23.3 c	22.92 c	400
28.11 a	25.57 b	24.98 b	23.00 c	500

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSDندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر غلظت فسفر برگ گلرنگ

Table 9- Mean comparison for interaction effect of sulfur level and biosulfurinoculationon phosphorus concentration of safflower leaf

مقداربیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)				مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfurlevel ($kg.ha^{-1}$)
3	2	1	0	
0.135f	0.135f	0.132f	0.133f	0
0.182c	0.169d	0.156e	0.156e	300
0.214a	0.213a	0.190bc	0.192b	400
0.214a	0.212a	0.190bc	0.191bc	500

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSDندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

جدول ۱۰- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر ارتفاع بوته گلرنگ

Table 10- Mean comparison for interaction effect of sulfur level and biosulfurinoculationon plant height of safflower leaf

مقداربیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level ($kg.ha^{-1}$)				مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfurlevel ($kg.ha^{-1}$)
3	2	1	0	
41.35de	41.26de	40.66e	40.33e*	0
53.16b	52.83b	43.16d	43.17d	300
55.5a	54.83ab	48.96c	48.46c	400
55.5a	54.66ab	49.66c	48.66c	500

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSDندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر متقابل مقدار گوگرد و تلقیح با بیوسولفور بر قطر ساقه گلرنگ

Table 11- Mean comparison for interaction effect of sulfur level and biosulfurinoculationon stem diameter of safflower leaf

مقدار گوگرد (کیلوگرم در هکتار) Sulfurlevel (kg.ha^{-1})	مقداربیوسولفور حاوی *تیوباسیلوس*(کیلوگرم در هکتار) Biosulfur with *Thiobacillus* level (kg.ha^{-1})			
	0	1	2	3
0	4f*	4f	4.33c	4.33c
300	6b	6.16b	6.33b	8a
400	6b	6b	6.16b	8.33a
500	6b	6.16b	6.33b	8.16a

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک، تفاوت معنی‌داری براساس آزمون FLSDندارند (p≤۰/۰۵).

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different based on FLSD test (p≤0.05).

احتمالاً کاربرد ۵۰۰کیلوگرم در هکتار گوگرد مقدار مورد نیاز سولفات محلول در خاک را برای گیاه فراهم نموده و کاربرد توأم این مقدار گوگرد با سه کیلوگرم در هکتار کود بیولوژیک بیوسولفور حاوی*تیوباسیلوس*، باعث حداکثر اکسیداسیون گوگرد شده که در نتیجه با جذب کافی گوگرد و سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه با افزایش فتوسنتز، موجب بهبود قطر ساقه اصلی شده است.

با توجه به نتایج حاصل در این آزمایش، از آنجا که گوگرد از جمله عناصر اساسی مورد نیاز رشد گیاهان محسوب می‌شود و با در نظر گرفتن راهکارهای اکولوژیکی به منظور توسعه بوم‌نظام‌های زراعی، می‌توان مصرف تلفیقی این عنصر را همراه با تلقیح با باکتری *تیوباسیلوس* برای افزایش رشد کمی و کیفی گیاهان دانه روغنی نظیر گلرنگ که نقش اساسی در خودکفایی روغن در کشور دارند، مدنظر قرار داد.

منابع

Ahmad, A., and Abdin, M.Z. 2000. Effect of sulfur application on lipid, RNA and fatty acid content in developing seeds of rape seed. Plant Science 150: 71-76.

AOCS,. 1993. Official methods and recommended practices. The American Oil Chemists Society Champaign.

BesharatiKelayeh, H. 1998. Study of sulfur application with *Thiobacillus* species on absorption potential of some nutrients in soil. MSc Thesis in Soil Science, College of Agriculture, Tehran University, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)

Besharati, H. 2001. Preparing appropriate medium for *Thiobacillus* and study of its interaction with VAM and grain yield of wheat. PhD Thesis, TarbiatModarres University 212 pp. (In Persian with English Summary)

Besharati, H., Kochakzadeh, Y., Malkouti, M.J., and Khavazi, K. 2003. The role of sulfur, *Thiobacillus* bacteria in providing the phosphorus for corn. Soil and Water Journal 12(24) Tehran Soil and Water Research Section, Tehran, Iran. (In Persian)

Cao, H., Zhang, L., and Melis, A. 2001. Bioenergetic and metabolic processes for the survival of sulfur-deprived *Dunaliellasalina* (chlorophyta). Journal of Applied Phycology 13: 25-34.

ChakerAlhosseini, M.R. 2006. Nitrogen and phosphorus effects on quantitative and qualitative yield of safflower in dryland conditions of semi-arid regions. Iranian Journal of Soil and Water 20(1): 17-25. (In Persian with English Summary)

Cottenie A. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. FAO Bulletin, No. 82/2.

Dialami, H., and Mohebbi, A.H. 2010. Effect of sulfur application with *Thiobacillus* inoculation and cow manure on leaf nutrients and growth indices of date seedlings var. Barahi. Horticultural Sciences 24(2): 189-194. (In Persian with English Summary)

Dordas, C. 2009. Dry matter, nitrogen and phosphorus accumulation: partitioning and remobilization as affected by N and P fertilization and source-sink relation. European Journal of Agronomy 30: 129-139

Doroudian, H.R., BesharatiKelayeh, H., FallahNosrat Abad, A.R., Heidary Sharif Abadi, H., Darvish, F., and Allahverdi, A. 2010. Study of absorbable phosphorus changes in lime soils and its impact on corn yield. Agricultural Modern Knowledge (Modern Knowledge of Sustainable Agriculture) 6(18): 27-35. (In Persian with English Summary)

Ghorbani Nasr Abadi, R. 2002. Study of sulfur application and *Thiobacillus* and *Bradyrhizobium* inoculation on nitrogen fixation and growth indices of soybean. Journal of Soil and Water 16(2): 171-178. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., Zand, E., Mahdavi Damghani, A.M., and Abbasi, F. 2009. Plant Physiology II. 4th Edition, Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication, Mashhad, Iran p. 608-610. (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

Khoshghoftarmanesh, A.H., and Siadat, H. 2002. Inorganic Nutrition of Vegetables and Horticultural Plants in Salinity Conditions. Department of Horticulture Department of Agriculture, Iran 92 pp. (In Persian)

Koochekzadeh, Y. 2003. Effect of S and *Thibacillus* and organic matter on required P of corn in calcorus soils. MSc Thesis. TarbiatModarres University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Lal, R. 2000. Soil management in the developing countries. Soil Science 165(1): 57-72.

Motamed, A. 2006. Effects of different S amounts and B on quantitative and qualitative yield of bread wheat var. Pishtaz. Seedling and Seed 22(2): 273-276. (In Persian with English Summary)

Mudahar, M.S. 1986. Fertilizer Sulfur and Food Production. DRW Publication.

Naraki, F. 1998. Safflower Agronomy. Journal of Oil Seeds Researches and Promotions. Center of Agricultural Researches in Kohkilouyeh and Boyer Ahmad Publication, Yasooj, Iran. (In Persian)

NourGholi Pour, F. 2006. Evaluation of soil application of PO_3, S and *Thiobacillus* bacteria on quantitative and qualitative yield of soybean and residual impacts on corn. Iranian Journal of Soil and Water 20(1): 122-131. (In Persian with English Summary)

NourMohammadi, G., Siadat, S.A., and Kashani, A. 2001. Cereal Agronomy. Publicatio of ShahidChamran, Ahwaz, Ahwaz, Iran. p. 183-187. (In Persian)

Oldeman, L.R. 1998. The global extent of soil degradation. In: D.J. Greenland and I. Szabolcs, eds. Soil resilience and sustainable land use pp. 99-118. Wallingford, UK, CAB International Archive of SID.

Sahrayee, A. 2009. Effect of leaf application of phosphorus on delaying in leaves senescent and seed yield of fall wheat. MSc Thesis in Agronomy, College of Agriculture, Birjand University, Birjand. Iranian Journal of Soil and Water 12(7): 63-72. (In Persian with English Summary)

Salardini, A.A. 1995. Soil Fertility. Publication of Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian)

Tabatabai, M.A. 1986. Sulfur in Agriculture. American Society Agron. Madison, WI, USA.

Tate, R.L. 2000. Soil Microbiology. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Terry, N. 1976. Effects of sulfur on the photosynthesis of intact leaves and isolated chloroplasts of sugar beets. Plant Physiology 57(4): 477–479.

Archive of SID

www.SID.ir