بررسی تاثیر افزایش حلالیت عناصر غذایی خاک بر عملکرد کمی و کیفی گندم (*Triticum aestivum* L.) در استان خوزستان

فاطمه موسوی[۱]، سید کیوان مرعشی[۲*] و تیمور بابایی نژاد[۳]

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲) استادیار گروه زراعت، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۳) استادیار گروه خاکشناسی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

***نویسنده مسئول: marashi_47@yahoo.com**

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۱۷ **تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۳/۱۹**

چکیده

استفاده از اصلاح‌کننده‌های اسیدی از روش‌های رایج در خاک‌های با اسیدیته بالا برای افزایش حلالیت عناصر غذایی می‌باشد. به منظور بررسی امکان کاهش خاصیت قلیایی خاک و افزایش حلالیت عناصر غذایی این آزمایش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به روش فاکتوریل با سه سطح صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات گوگرد و سه سطح صفر، ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود زیستی تیوباسیلوس در سه تکرار در سال ۹۷-۱۳۹۶ در منطقه روستای الهایی واقع در شمال اهواز اجرا گردید. نتایج نشان داد که اثر گوگرد و تیوباسیلوس بر تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد بیولوژیک در سطح ۱ درصد و بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. نتایج مقایسات میانگین نشان داد که عملکرد دانه و پروتئین دانه در شرایط تغییر میزان تیوباسیلوس و گوگرد افزایش پیدا کرد و از لحاظ آماری در سطوح مختلف قرار داشتند. بیش‌ترین عملکرد دانه از تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس به‌ترتیب با ۵۶۶۳ و ۵۰۷۷ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن در شرایط عدم کاربرد گوگرد با ۳۶۶۸ کیلوگرم در هکتار و عدم کاربرد تیوباسیلوس با ۴۳۲۹ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. بیش‌ترین مقدار پروتئین دانه در تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۱۰ کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس به‌ترتیب معادل ۱۳/۲، ۱۲/۷ درصد و کم‌ترین آن در عدم کاربرد مقادیر گوگرد با ۱۰/۸ درصد و عدم کاربرد تیوباسیلوس با ۱۱/۶ درصد حاصل شد. نتایج کلی آزمایش نشان داد در شرایط کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس امکان افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم وجود دارد و بهترین نتیجه به‌ترتیب در شرایط کاربرد ۵۰۰ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و تیوباسیلوس حاصل شد که می‌تواند مورد توجه زارعین و محققین قرار گرفته و توصیه گردد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین دانه، تیوباسیلوس، سولفات گوگرد و عملکرد دانه.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

مقدمه

گندم به عنوان یک محصول مهم سهم عمده‌ای از تولیدات کشاورزی کشور را به خود اختصاص می‌دهد، این در حالی است که بخش قابل‌توجهی از این محصول در اراضی شور و یا قلیا کشت می‌شود (بشارتی و همکاران، ۱۳۹۵). در استان خوزستان از شمال به طرف جنوب بخش قابل‌توجهی از اراضی به دلیل شرایط اقلیمی و نوع مواد مادری از نوع قلیایی و دارای اسیدیته بالا می باشند (بخشنده، ۱۳۸۸). در این خاک‌ها عناصری نظیر فسفر، آهن، روی و برخی عناصر غذایی کم مصرف تثبیت شده و از دسترس گیاه خارج می‌شوند (سهرابی شگفتی و حیدری، ۱۳۹۶). افزودن اصلاح‌کننده‌های اسیدی از روش‌های رایج در خاک‌های با اسیدیته بالا برای افزایش حلالیت عناصر غذایی و بهبود عملکرد گیاهان می‌باشد (Karimizarchi *et al*., 2014). گوگرد پس از عناصر پر مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، چهارمین عنصر عمده مورد نیاز اکثر گیاهان زراعی می‌باشد. این عنصر یکی از اجزای تشکیل دهنده اسیدهای آمینه سیستئین، متیونین و بخشی از پروتئین‌ها است و نقش مهمی را در ساخت ویتامین‌ها در سلول‌های گیاهی ایفا می‌کند (Zhiqiang, 2018). کمبود گوگرد رشد گیاهان را به تأخیر و عملکرد کمی و کیفی آن‌ها را کاهش می‌دهد (Motior *et al*., 2011). Erdem و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کاربرد گوگرد بر اساس ویژگی‌های خاک به خصوص مقدار سولفات قابل جذب، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود. این پژوهشگران اظهار داشتند خاک‌هایی که مقدار سولفات قابل جذب آن‌ها کمتر است، اثر گوگرد مصرفی بر رشد و عملکرد گندم بیش‌تر می‌باشد. جلیلی (۱۳۹۶) گزارش داد که بیش‌ترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و درصد پروتئین دانه گندم مربوط به تیمار ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی است. Orman و Huseyin (۲۰۱۲) بیان کردند که با کاربرد گوگرد، غلظت روی و آهن در دانه گندم به ترتیب ۱۸/۷۶ و ۳۸/۴۷ درصد افزایش یافت. قادری و همکاران (۱۳۹۶) اظهار داشتند که اثر افزایش مصرف گوگرد (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد دانه، درصد پروتئین، وزن هزار دانه و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم معنی‌دار است و بیش‌ترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه و غلظت عناصر غذایی در شرایط کاربرد ۵۰۰ و۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد حاصل می‌شود، اما از لحاظ آماری در یک گروه قرار داشتند. حسنی و همکاران (۱۳۹۱) بیشترین عملکرد کنجد را در شرایط کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد مشاهده کردند. در تحقیقی دیگر Qahar و Ahmad (۲۰۱۶) در بررسی اثر گوگرد بر ذرت بیان داشتند که با افزایش مصرف گوگرد تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در مقایسه با شاهد افزایش یافت، اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. باکتری‌های جنس تیوباسیلوس از مهم‌ترین و رایج‌ترین انواع باکتری‌های اکسید کننده گوگرد می‌باشند که گوگرد موجود در خاک را به صورت سولفات قابل جذب برای گیاهان تغییر می‌دهند (Ravichandra *et al*., 2007). خیری استیار و همکاران

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

(۱۳۹۸) نشان دادند که اثر سطوح مختلف باکتری تیوباسیلوس و گوگرد بر مولفه‌های تولیدی ارقام لوبیا معنی‌دار است و مصرف همزمان باکتری تیوباسیلوس و گوگرد سبب تداوم فعالیت رنگیزه‌های فتوسنتزی و اثر مثبتی بر عملکرد و اجزای عملکرد دارد. نصری و خلعتبری (۱۳۹۵) در بررسی اثر باکتری تیوباسیلوس و گوگرد در شرایط کم آبیاری بر عملکرد و ویژگی‌های بیوشیمیایی ذرت دانه‌ای نشان دادند که تمامی صفات مورد بررسی تحت تاثیر مصرف همزمان گوگرد و تیوباسیلوس قرار گرفت. در این تحقیق کاهش عملکرد دانه در تیمار قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و عدم مصرف گوگرد و تیوباسیلوس نسبت به تیمار آبیاری معمول و مصرف توأم کود زیستی تیوباسیلوس و گوگرد معادل ۵۸/۲ درصد بود. با توجه به مطالب بیان شده این آزمایش به منظور بررسی تاثیر استفاده از اصلاح‌کننده‌های اسیدی گوگرد و تیوباسیلوس در خاک‌های با اسیدیته بالا در منطقه خوزستان بر تغییرات عملکرد کمی و کیفی گندم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در روستای الهایی واقع در۳۰ کیلومتری شمال اهواز اجرا گردید. مزرعه آزمایشی با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی با ارتفاع ۳۵ متر از سطح دریا می‌باشد. اهواز از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. میانگین سالانه بارندگی در این منطقه ۲۱۳ میلی‌متر و در عین حال بسیار نامنظم است. ماه‌های خرداد، تیر، مرداد و شهریور بدون بارندگی و در ماههای مهر و اردیبهشت دارای باران‌های غیرموثر می باشد. متوسط حداقل درجه حرارت در طول سال مربوط به دی ماه با متوسط ۶/۹ و حداکثر آن مربوط به مرداد با ۴۳/۶ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (آمارنامه هواشناسی، ۱۳۹۶). در این آزمایش از خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه گیری شد که نتایج در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

عمق خاک (سانتیمتر)	شوری (دسی زیمنس)	اسیدیته	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	گوگرد (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت
۳۰-۰	۵/۷	۷/۹۲	۰/۵۵	۰/۰۴	۹/۶	۱۷۳	۱۹	۱۸	۴۸	۳۴	لومی ـ رسی

این تحقیق در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی به روش فاکتوریل در سه تکرار با سه سطح صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات گوگرد و سه سطح صفر، ۵ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود زیستی تیوباسیلوس اجرا شد. مقادیر مختلف کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس به طور هم‌زمان قبل از کاشت با خاک مخلوط شد. کود زیستی تیوباسیلوس از شرکت فن‌آوری زیستی مهرآسیا (مابکو) تهیه گردید. بر اساس توصیه این شرکت مقدار مصرف تیوباسیلوس، یک کیلوگرم

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

به ازای هر ۵۰ کیلوگرم کود گوگردی در نظر گرفته شد. کود اوره بر اساس توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی به‌میزان ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت ۵۰ درصد به هنگام آماده سازی زمین (پایه) و ۵۰ درصد در ابتدای مرحله ساقه رفتن (سرک) و کود سوپر فسفات تریپل به‌میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار تماماً به هنگام آماده سازی زمین استفاده شد. در این آزمایش از گندم رقم چمران ۲ استفاده شد. مزرعه آزمایشی در نیمه اول آذر ماه به‌صورت کرتی خطی با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع کشت شد. هر کرت آزمایشی دارای نه خط کاشت به طول ۵ متر و فاصله بین خطوط کاشت ۲۰ سانتیمتر، فاصله دو تکرار از هم ۱/۵ متر و فاصله بین دو کرت یک متر بود. عملیات داشت شامل آبیاری و وجین بود که مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ و پهن برگ به صورت وجین دستی صورت گرفت. به منظور تعیین تعداد سنبله در متر مربع کل سنبله‌های موجود در سطح برداشت در هر کرت به مساحت دو متر مربع شمارش و تعیین گردید. برای تعیین تعداد دانه در سنبله، به طور تصادفی ۱۰ سنبله از کل سنبله‌های برداشت شده جدا و تعداد دانه‌های آن‌ها شمارش و میانگین آن‌ها به‌عنوان تعداد دانه در سنبله در نظر گرفته شد. برای تعیین وزن هزار دانه، بعد از برداشت و خرمن‌کوبی سنبله‌ها، دو نمونه ۵۰۰ تایی از بذرها وزن شد و در صورتی که اختلاف وزنی آن‌ها کمتر از ۶ درصد بود، مجموع وزن آن‌ها به‌عنوان وزن هزار دانه در نظر گرفته شد. پروتئین دانه گندم به روش هضم‌تر و با دستگاه میکروکجدال اندازه‌گیری شد (میرطالبی و همکاران، ۱۳۹۳). درصد پروتئین از حاصل ضرب نیتروژن دانه در ۶/۲۵ به دست آمد (Rossi *et al*., 2004). به منظور تعیین عملکرد دانه، پس از حذف حاشیه‌ها، از مساحتی معادل دو متر مربع برداشت صورت گرفت و پس از خرمنکوبی سنبله‌ها، محصول دانه به‌دست آمده تعیین شد. به منظور تعیین عملکرد بیولوژیکی، در هنگام برداشت پس از حذف کامل حاشیه‌ها، تمامی بوته‌های موجود در سطح برداشت دو متر مربع از سطح خاک، برداشت و به طور جداگانه بسته‌بندی و توزین شد. شاخص برداشت برای هر کرت آزمایشی از طریق تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی تعیین گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار Minitab و مقایسه میانگین تیمارها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد سنبله در متر مربع

نتایج نشان داد که اثر گوگرد و تیوباسیلوس بر تعداد سنبله در متر مربع در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان که با مصرف گوگرد و تیوباسیلوس تعداد سنبله در متر مربع افزایش یافت. درصد افزایش تعداد سنبله در متر مربع در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نسبت به عدم کاربرد گوگرد معادل ۱۱/۵ درصد و در شرایط کاربرد ۱۰ کیلوگرم هکتار تیوباسیلوس نسبت به عدم کاربرد تیوباسیلوس معادل ۴/۸ درصد بود (جدول ۳).

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف گوگرد و تیوباسیلوس بر صفات مورد بررسی گندم

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	پروتئین
تکرار	۲	۴/۶ **	۰/۱۹ **	۱/۱۸ **	۲۵۹ ns	۱۴۰ ns	۰/۸۷ ns	۰/۴۱ **
گوگرد	۲	۴۳۶۳/۴ **	۶۵/۴۰۹ **	۷۷/۵۳۹ **	۹۰۰۱۳ **	۲۳۲۳۴۱ **	۸۳/۰۸۴ **	۱۳/۷۳۹۵ **
تیوباسیلوس	۲	۷۳۳/۳ **	۹/۲۰۳ **	۸/۶۵۵ **	۱۲۵۸۸ **	۳۰۱۰۸ **	۱۲/۸۵۳ **	۲/۴۷۵۶ **
گوگرد × تیوباسیلوس	۴	۵/۱ ns	۰/۳۷۳ ns	۰/۴۹۵ ns	۷۵ ns	۲۲۸۹ **	۱/۸۲۵ *	۰/۰۶۱۵ ns
خطای آزمایش	۱۶	۷/۰	۰/۲۰۳	۰/۲۴۰	۹۶	۳۶۵	۰/۴۳۶	۰/۰۲۰۶
ضریب تغییرات (٪)	-	۵/۵۶	۷/۲۱	۶/۹۲	۱۸/۹۸	۱۲/۸۲	۶/۸۱	۹/۳۹

ns، * و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثر اصلی گوگرد و تیوباسیلوس بر صفات مورد بررسی گندم

تیمارها	میانگین صفات				
گوگرد (کیلوگرم در هکتار)	تعداد سنبله در متر مربع	تعداد دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین (درصد)
صفر	۳۳۸ c	۳۱ c	۳۵ c	۳۶۶۸ c	۱۰/۸ c
۲۵۰	۳۶۴ b	۳۴ b	۳۸ b	۴۷۹۰ b	۱۲/۴ b
۵۰۰	۳۸۲ a	۳۶ a	۴۱ a	۵۶۶۳ a	۱۳/۲ a
تیوباسیلوس (کیلوگرم در هکتار)					
صفر	۳۵۳ c	۳۳ c	۳۷ c	۴۳۲۹ c	۱۱/۶ c
۵	۳۶۱ b	۳۴ b	۳۸ b	۴۷۱۵ b	۱۲/۲ b
۱۰	۳۷۱ a	۳۵ a	۳۹ a	۵۰۷۷ a	۱۲/۷ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

بیان شده است که باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد خاک سبب افزایش اسیدیته خاک و آزادسازی عناصر مهمی همچون فسفر، آهن، روی و منگنز در خاک می‌شود (دشت پیما، ۱۳۹۲) و این آزادسازی عناصر در رشد و نمو گیاه موثر می‌باشند (Anandham *et al.*, 2007). لذا به‌نظر می‌رسد که وضعیت تغذیه‌ای گیاه در شرایط کاربرد گوگرد به همراه باکتری بهتر بوده و در این شرایط تعداد سنبله بیشتری تولید نموده است. گزارش شده است که کاربرد گوگرد در خاک‌های قلیایی و اکسایش آن توسط باکتری‌های جنس تیوباسیلوس، ضمن کاهش موضعی اسیدیته خاک می‌تواند نقش موثری در افزایش قابلیت جذب فسفر داشته باشد (Mohammady Aria *et al.*, 2010) که می‌تواند عامل مهمی بر افزایش تعداد سنبله در واحد سطح باشد. Swati و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که کمبود سولفور منجر به کاهش برخی

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

پروتئین‌های حاوی سولفور نظیر روبیسکو و پروتئین‌های سازنده کمپلکس پروتئینی جمع کننده نور در فتوسیستم‌ها می‌گردد. لذا به‌نظر می‌رسد کاهش این پروتئین‌ها باعث کاهش میزان فتوسنتز شده که خود باعث کاهش اجزای عملکرد نظیر تعداد سنبله در متر مربع می‌شود. Khan و همکاران (۲۰۰۲) به این نتیجه رسیدن که کاربرد گوگرد در کلزا از طریق تاثیر بر آنزیم روبیسکو سبب افزایش تولیدات فتوسنتزی و از طریق توانایی گیاه در بارور کردن گل‌ها در افزایش تعداد غلاف موثر می باشد.

تعداد دانه در سنبله

نتایج نشان داد که اثر گوگرد و تیوباسیلوس بر تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان که با مصرف گوگرد و تیوباسیلوس تعداد دانه در سنبله افزایش یافت. درصد افزایش تعداد دانه در سنبله در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و۱۰ کیلوگرم هکتار تیوباسیلوس نسبت به عدم کاربرد گوگرد و عدم کاربرد تیوباسیلوس به‌ترتیب معادل ۱۳/۹ و ۵/۷ درصد بود. بیان شده است که باکتری تیوباسیلوس جزء مهم‌ترین اکسید کنندگان گوگرد در خاک به شمار می‌رود و تلقیح کردن خاک با این باکتری‌ها باعث افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد می‌شود و در صورتی که جمعیت این باکتری‌ها در خاک کم باشد، مصرف گوگرد به همراه این باکتری در خاک‌های قلیایی و آهکی اثرات سودمندی را به دنبال خواهد داشت (Zhao *et al*., 2015). در یک بررسی مشخص شد که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک‌های تلقیح شده با باکتری‌های تیوباسیلوس حدود ۱۱ برابر بیشتر از خاک‌های تلقیح نشده است (بشارتی و صالح راستین، ۱۳۷۹). همچنین گزارش شده است که باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد موجود در خاک سبب افزایش اسیدیته خاک و آزادسازی عناصر مهمی همچون فسفر، آهن، روی و منگنز می‌شود که این عناصر نقش بارزی در افزایش تعداد سنبله و در نهایت تعداد دانه در سنبله خواهند داشت (Sayami and Besharati, 2002). انصوری و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس علاوه بر کاهش اسیدیته خاک می‌تواند منجر به بهبود تغذیه و سلامت گیاه نیز شود. محققین دیگر نیز از جمله مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) و حسین‌زاده گشتی و همکاران (۱۳۸۸) به تاثیر مثبت کاربرد باکتری تیوباسیلوس در افزایش تعداد دانه در غلاف سویا بادام زمینی اشاره نموده اند.

وزن هزار دانه

نتایج نشان داد که اثر گوگرد و تیوباسیلوس بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان که با مصرف گوگرد و تیوباسیلوس وزن هزار دانه افزایش یافت. درصد افزایش وزن هزار دانه در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نسبت به عدم کاربرد گوگرد معادل ۱۴/۶ درصد و در شرایط کاربرد ۱۰ کیلوگرم هکتار تیوباسیلوس نسبت به عدم کاربرد تیوباسیلوس معادل ۵/۱ درصد بود (جدول ۳). به‌نظر می رسد که

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

تیوباسیلوس به دلیل افزایش فراهمی عناصر غذایی در خاک منجر به بهبود فتوسنتز و در نهایت انتقال بیشتر کربوهیدرات‌ها به دانه در زمان پر شدن دانه و کاهش قدرت رقابتی آن‌ها شده است. معتمد و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که افزایش مصرف گوگرد سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و وزن هزار دانه گندم شد. Wykoff و همکاران (۱۹۹۸) گزارش دادند کاهش فعالیت فتوسیستم دو در شرایط کمبود سولفات می‌تواند یکی از دلایل کاهش فتوسنتز باشد. این محققین همچنین اظهار داشتند که احتمالاً با افزایش میزان گوگرد و جذب آن، فتوسیستم دو در کلروپلاست فعال شده و میزان فتوسنتز و در نهایت وزن دانه‌های تولید شده افزایش می‌یابد. همچنین بنا بر اظهار نوربخش (۱۳۹۱) مصرف باکتری تیوباسیلوس تاثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه گلرنگ داشت و با افزایش تیوباسیلوس تا ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. شرفی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعات خود روی کلزا بیان داشتند که وزن هزار دانه در شرایط کاربرد تیوباسیلوس معادل ۲/۸۵ گرم و در شرایط عدم کاربرد تیوباسیلوس مادل ۲/۳ گرم بود. انصوری (۱۳۹۱) نیز گزارش کرد که وزن هزار دانه ذرت با افزایش مصرف تیوباسیلوس به‌طور معنی‌دار افزایش پیدا کرد.

عملکرد دانه

نتایج آزمایش نشان داد که اثر گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان که با مصرف گوگرد و تیوباسیلوس عملکرد دانه افزایش یافت. درصد افزایش عملکرد دانه در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نسبت به عدم کاربرد گوگرد و۱۰ کیلوگرم هکتار تیوباسیلوس نسبت به عدم کاربرد تیوباسیلوس معادل به‌ترتیب معادل ۳۵/۲ و ۱۴/۷ درصد بود (جدول ۳). در این تحقیق افزایش در عملکرد دانه در شرایط مصرف گوگرد و تیوباسیلوس به دلیل تاثیر مثبت آن‌ها بر اجزای عملکرد نظیر تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بوده است (جدول ۳). احتمالاً اکسیداسیون سریع گوگرد توسط باکتری تیوباسیلوس، منجر به تامین عناصر غذایی در مراحل رویشی و زایشی گیاه در نهایت باعث ایجاد شرایط مناسب‌تر جهت پر کردن دانه‌ها و افزایش عملکرد شده است. محققان دیگر پایین بودن عملکرد گندم در شرایط عدم مصرف گوگرد را به زمان کم اکسیداسیون گوگرد و عدم اکسایش مقادیر کافی آن در خاک ارتباط دادند (Agrifacts, 2003). بیان شده است که پارامترهایی نظیر اسیدیته، رطوبت، تهویه، دما، حاصلخیزی خاک و جمعیت میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد در خاک بر سرعت و شدت اکسایش گوگرد تاثیر به‌سزایی دارد (دشت پیما، ۱۳۹۲). گودرزی (۱۳۸۹) نتیجه گرفت که مصرف گوگرد عملکرد محصول دانه گندم را در خاک‌های بسیار آهکی به میزان ۱۹۰ کیلوگرم در هکتار و مصرف توأم آن با کمپوست عملکرد دانه را به میزان ۳۳۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش می‌دهد. شاهسونی و اردلان (۱۳۸۶) اظهار داشتند که کاربرد گوگرد موجب افزایش عملکرد گندم گردید. McGrath و همکاران (۱۹۹۶) با تلقیح خاک به وسیله باکتری‌های

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

تیوباسیلوس مشاهده کردند که میزان اکسایش گوگرد، کاهش اسیدیته و مقدار سولفات تولید شده در خاک تلقیح شده بیشتر از خاک بدون تلقیح بوده و در نتیجه دسترسی ریشه به عناصری نظیر فسفر و عناصر کم مصرف بیشتر و در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود.

عملکرد بیولوژیکی

نتایج نشان داد که اثر گوگرد و تیوباسیلوس و اثر متقابل آن‌ها بر عملکرد بیولوژیکی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسات میانگین نشان که مصرف گوگرد و تیوباسیلوس در افزایش عملکرد بیولوژیکی موثر بود. درصد افزایش عملکرد بیولوژیکی در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و۱۰ کیلوگرم هکتار تیوباسیلوس نسبت به عدم کاربرد گوگرد و عدم کاربرد تیوباسیلوس معادل ۳۱/۲ درصد بود (جدول ۴). بیان شده است که کاربرد گوگرد در خاک سبب افزایش عناصری در خاک می‌گردد که به واسطه اسیدیته زیاد از دسترس گیاه خارج شده‌اند و این افزایش حلالیت عناصر غذایی منجر به افزایش رشد اندام‌های هوایی، زیرزمینی در نهایت افزایش ماده خشک در گیاه می‌شود (رشیدی و کریمیان، ۱۳۷۸؛ Noggle and Fritz ,1983). Ahmad و Abdin (۲۰۰۰) در مطالعات خود بر روی کلزا بیان کردند که کاربرد گوگرد سبب افزایش وزن خشک این گیاه شد. باکتری تیوباسیلوس با اکسید کردن گوگرد موجود در خاک سبب افزایش اسیدیته خاک شده و این افزایش اسیدیته، خود سبب آزاد سازی عناصر مهمی همچون فسفر، آهن، روی و منگنز می شود که این عناصر نقش بارزی در افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه دارند (دشت پیما، ۱۳۹۲). مصطفویان و همکاران (۱۳۸۶) در آزمایشی نشان دادند که کاربرد باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش عملکرد بیولوژیک سویا نسبت به عدم کاربرد آن شد. Elwan و El-Hamed (۲۰۱۱) گزارش کردند که استفاده از باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه کاهو می گردد.

شاخص برداشت

نتایج نشان داد که اثر گوگرد و تیوباسیلوس بر شاخص برداشت در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان که درصد افزایش شاخص برداشت در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و۱۰ کیلوگرم هکتار تیوباسیلوس معادل ۲۰ درصد نسبت به عدم کاربرد گوگرد و عدم کاربرد تیوباسیلوس بود (جدول ۴). شاخص برداشت متأثر از عوامل مختلفی نظیر نوع، میزان و نحوه مصرف کود می‌باشد که عوامل فوق می‌توانند باعث تغییر یا نوسان در مقدار یا هر دو اجزای تشکیل دهنده شاخص برداشت یعنی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی شوند. کوچک‌زاده و همکاران (۱۳۸۰) اظهار داشتند که مصرف گوگرد باعث افزایش حلالیت و جذب عناصر می‌گردد. در این میان اثر باکتری‌های محرک رشد را که با تأثیر بر رشد گیاه موجب افزایش

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

محصول می‌شوند را نمی‌توان نادیده گرفت. در این تحقیق افزایش شاخص برداشت در شرایط مصرف گوگرد و تیوباسیلوس را می‌توان به افزایش اجزاء عملکرد نظیر تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه نسبت داد که در افزایش عملکرد دانه و در نهایت افزایش شاخص برداشت موثر بوده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که در رقابت برای جذب مواد فتوسنتزی، مخازن زایشی نسبت به مخازن رویشی قوی‌تر عمل نموده‌اند و موجب اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه نسبت به اندام های رویشی شده است. نتایج این آزمایش با یافته‌های جلیلی (۱۳۹۶) مبنی بر افزایش شاخص برداشت گندم با کاربرد ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد مطابقت داشت. در تحقیق دیگری بیان شده است که مصرف گوگرد همراه با کود دامی باعث کاهش اسیدیته خاک شده و به علت افزایش تحرک پذیری عناصر غذایی در محدوده اطراف ریشه، جذب عناصر غذایی توسط گیاه افزایش یافته و منجر به افزایش عملکرد و در نهایت شاخص برداشت شده است.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثر متقابل مقادیر مختلف گوگرد و تیوباسیلوس برصفات مورد بررسی گندم

تیمار		میانگین صفت	
گوگرد (کیلوگرم در هکتار)	تیوباسیلوس (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
صفر	صفر	۹۰۲۷ c	۳۶/۸ d
	۵	۹۷۰۱ bcde	۳۸/۱ cd
	۱۰	۹۹۸۱ bcd	۳۹/۹ c
۲۵۰	صفر	۱۰۶۰۳ bc	۴۱/۵ bc
	۵	۱۱۲۵۹ b	۴۲/۲ b
	۱۰	۱۲۳۲۰ ab	۴۲/۲ b
۵۰۰	صفر	۱۲۳۲۷ ab	۴۲/۶ b
	۵	۱۲۸۶۹ a	۴۴/۲ ab
	۱۰	۱۳۱۲۳ a	۴۶/۰ a

میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

درصد پروتئین دانه

نتایج نشان داد که اثر گوگرد و تیوباسیلوس بر درصد پروتئین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان که با مصرف گوگرد و تیوباسیلوس پروتئین دانه افزایش یافت. درصد افزایش پروتئین دانه در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نسبت به عدم کاربرد گوگرد و۱۰ کیلوگرم هکتار تیوباسیلوس نسبت به عدم کاربرد تیوباسیلوس به‌ترتیب معادل ۱۸/۴ و ۷/۸ درصد بود (جدول ۳). نوربخش (۱۳۹۱) اظهار داشت با افزایش گوگرد و تیوباسیلوس، درصد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

پروتئین دانه در گلرنگ افزایش می‌یابد. احتمالاً اکسین ترشح شده از باکتری تیوباسیلوس، میزان تنفس سلولی را افزایش داده و به پروتئین سازی در سلول کمک کرده است. افزایش درصد پروتئین بذر تحت شرایط استفاده از کود گوگرد به تاثیر آن در ساختار بعضی از اسیدهای آمینه مانند متیونین، سیستین و سیستئین بر می‌گردد (خوش گفتارمنش، ۱۳۸۶). اسید آمینه متونین اولین اسید آمینه‌ای است که در ساختمان پروتئین‌ها شرکت می‌کند (Ahmad and Abdin, 2000) بنابراین در شرایط کمبود گوگرد تشکیل پروتئین به دلیل عدم وجود متونین محدود می‌شود. Malhi و همکاران (۲۰۰۷) نیز در یک تحقیق سه ساله بر روی کلزا نشان دادند که با افزایش کود گوگرد غلظت روغن و پروتئین دانه افزایش یافت. نتایجی مشابهی توسط جلیلی و همکاران (۱۳۹۲) و معتمد (۱۳۸۵) گزارش شده است که بیشترین مقدار درصد پروتئین را به ترتیب با کاربرد ۶۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به‌دست آورند.

نتیجه گیری نهایی

نتایج نشان داد که در اراضی خوزستان با اسیدیته قلیایی، کاربرد کود سولفات گوگرد و کود زیستی تیوباسیلوس بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، پروتئین دانه و کلیه اجزای عملکرد تأثیر معنی‌دار داشت و کلیه صفات مورد بررسی همزمان با افزایش مصرف سولفات گوگرد و تیوباسیلوس افزایش یافتند و این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار بود. در این تحقیق بهترین نتیجه در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات گوگرد به همراه ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود زیستی تیوباسیلوس حاصل شد که می‌تواند مورد توجه زارعین و محققین قرار گرفته و توصیه گردد.

منابع

آمارنامه هواشناسی. ۱۳۹۶. اداره کل هواشناسی استان خوزستان.

انصوری، ع.، غلامی، ا.، چائی چی، م.ر.، شهقلی، ح. و اسدی، ص. ۱۳۹۲. برهمکنش گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر کلونیزاسیون دو گونه قارچ میکوریزا و رشد ذرت در شرایط گلخانه. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۴ (۳): ۴۹۵-۵۰۵.

انصوری سواری، ع. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر همزیستی قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف گوگرد بر رشد و عملکرد ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه صنعتی شاهرود.

بخشنده، م. ۱۳۸۸. مسائل زهکشی زیرزمینی در استان خوزستان با نگاهی به یک تجربه. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، سازمان آب و برق خوزستان. ۱۰ صفحه.

بشارتی، ح. و صالح راستین، ن. ۱۳۷۹. تاثیر مصرف گوگرد و مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس بر مقدار آهن و روی جذب شده توسط ذرت در شرایط گلخانه‌ای. مجله علوم خاک و آب. ۷: ۷۲-۶۳.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

بشارتی، ح.، خسروی، ه.، مستشاری، م.، کامران میرزاشاهی، ک.، قادری، ج. و ذبیحی، ح. ۱۳۹۵. بررسی اثر تیوباسیلوس، گوگرد و فسفر بر شاخص‌های رشد ذرت در برخی از مناطق ایران. مجله علمی و پژوهشی تحقیقات کاربردی خاک. انتشارات دانشگاه ارومیه. ۴ (۱): ۱۱۲-۱۰۳.

جلیلی، ف. ۱۳۹۶. اثر گوگرد و کود دامی بر عملکرد گندم و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک. نشریه دانش آب و خاک. ۲۷ (۳): ۲۰۹-۱۹۹.

جلیلی، ف. و سلیم زاده، س. ۱۳۹۶. اثر گوگرد و ورمی کمپوست بر عملکرد آفتابگردان روغنی. پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران، اصفهان. انجمن علوم خاک ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان.

جلیلی، ف.، نصراله زاده، ع. و ولی‌لو، ر. ۱۳۹۲. اثر گوگرد و کود دامی بر عملکرد و پروتئین گندم زرین. مجله پژوهش در علوم زراعی. ۵ (۱۹): ۸۴-۷۱.

حسنی، م.، حیدری، م. و برزگری، م. ۱۳۹۱. بررسی اثر کود آهن و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد در شرایط تنش خشکی در گتوند. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۴ (۱۶): ۴۲-۳۳.

حسین زاده گشتی، ع، ر.، اصفهانی، م.، اصغری، ج.، صفرزاده ویشکایی، م، ن. و ربیعی، ب. ۱۳۸۸. تأثیر مصرف کودهای گوگرددار بر شاخص‌های رشد و عملکرد بادام زمینی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳ (۴۸): ۳۸-۲۷.

خوش گفتار منش، ا.ح. ۱۳۸۶. مبانی تغذیه گیاه. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ صفحه.

خیری استیار، ح.، فرح وش، ف.، میرشکاری، ب.، خلیلوند بهروزیار، ا. و تاری نژاد، ع. ۱۳۹۸. اثر کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی لوبیا در شرایط تنش قطع آبیاری. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۱ (۴۲): ۳۳-۱۷.

دشت پیما، ف. ۱۳۹۲. تاثیر تلقیح باکتری تیوباسیلوس، سطوح مختلف گوگرد و پرایمینگ بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه زراعت. دانشگاه صنعتی شاهرود.

رشیدی، ن. و کریمیان، ن.ع. ۱۳۷۸. تأثیر گوگرد و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت در یک خاک آهکی. چیکده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، مشهد.

سهرابی شکفتی، ن. و م. حیدری.۱۳۹۶. فیزیولوژی جذب عناصر غذایی در گیاهان. سازمان تحقیقات و آمزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، ۲۰ ص.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

شاهسونی، ش. و اردلان، م. ۱۳۸۶. بررسی تاثیر مقادیر مختلف گوگرد در عملکرد گندم و مقدار گوگرد دانه در منطقه نیمه خشک و شرایط مزرعه. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج.

شرفی، س. و همکاران. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر رقم، تلقیح بذر با تیوباسیلوس و اشکال مختلف کاربرد نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای پاییزه. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۱ (۳): ۴۶۸-۴۵۹.

قادری، ج.، ملکوتی، م، ج.، خاوازی، ک. و داوودی، م،ح. ۱۳۹۶. بررسی اثر کاربرد گوگرد عنصری بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های کیفی گندم آبی. مجله علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹ (۳۳): ۸۴-۶۹.

قاسمی، الف.، و دهقان، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثرات گوگرد، تیوباسیلوس و منیزیم بر عملکرد دانه روغنی آفتابگردان. همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشا روغنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد.

کوچک زاده، ی.، ملکوتی، م. و خاوازی، ک. ۱۳۸۰. بررسی نقش گوگرد، تیوباسیلوس، حل کننده‌های فسفات و مواد آلی در تامین فسفر مورد نیاز ذرت از خاک فسفات، مجله خاک و آب. ۱۲ (۱۴): ۲۵۰-۲۴۳.

گودرزی، ک. ۱۳۸۹. بررسی اثر گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد گندم. مقالات همایش منطقه ای دستاوردهای نوین در زراعت و نانو تکنولوژی. شهر قدس، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس.

مصطفویان، س.، پیردشتی، ه.، رمضان پور، م. و عباسپور، ا. ۱۳۸۶. بررسی اثر کودهای بیولوژیک میکوریزا و تیوباسیلوس بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سویا. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج.

معتمد، ا. ۱۳۸۵. تاثیر مقادیر مختلف گوگرد بر خواص کمی و کیفی گندم رقم پیشتاز. مجله نهال و بذر. ۲: ۲۷۶-۲۷۳.

میرطالبی، س، ح.، کریمی، آ.، سلیمانی، ع. و هودجی، م. ۱۳۹۳. اثر منگنز بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ارقام گندم. نشریه پژوهش های زراعی ایران. ۱۲(۴): ۶۵۸-۶۴۹.

نصری، م. و خلعتبری، م. ۱۳۹۵. اثر باکتری تیوباسیلوس و گوگرد بر عملکرد و ویژگی‌های بیوشیمیایی ذرت دانه‌ای (هیبرید ماکسیما) در شرایط کم‌آبیاری در منطقه ورامین. مجله فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸ (۲۹): ۱۰۳-۸۹.

نوربخش، ف. ۱۳۹۱. ارزیابی اثرات کودهای گوگردی و تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی گلرنگ بهاره. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه بیرجند.

Agrifacts, H. 2003. Sulfate sulfur vs. elemental sulfur part II: characteristics of s oxidation. URL: http// www.Back-yo-basics. Net/agrifacts/pdf/b2b29 b pdf.

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

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

Anandham, R., Sridar, R., Nalayini, P., Poonguzhali, S., Madhaiyan, M. and Tongmins, A. 2007. Potetial for plant growth promotion in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cv. ALR-2 by co-inoculation of sulfur-oxidizing bacteria and rhizobium. microbiological research 162 (2): 139-153.

Elwan, M. W. M. and Abd El-Hamed, K. E. 2011. Influence of nitrogen form, growing season andsulfur fertilization on yield and the content of nitrate and vitamin C of broccoli. Scientia Horticulturae 127: 181-187.

Erdem, H., Torun, M. B., Erdem, N., Yazıcı, A., Tolay, I., Gunal, E. and ozkutlu, F. 2016. Effects of different forms and doses of sulfur application on wheat. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology 4 (11): 957-961.

Karimizarchi, M., Aminuddin, H., Khanif, M. Y. and Radziah, O. 2014. Elemental sulfur application effects on nutrient availability and sweet maize response (*Zea mays* L.) in a high pH soil of Malaysia. Malaysian Journal of Soil Science 18: 75-86.

Khan, N., Jan, A., Ijaz, I. Khan, A. and Khan, N. 2002. Response of canola to nitrogen and sulfur nutrition. Asian Jurnal of plant scienses 5 (1): 516-518.

Malhi, S. S., Gan, Y. and Raney, J. P. 2007. Yield, seed quality and sulfur uptake of Brassica oil seed crops in response to sulfur fertilization. Agronomy Journal 99: 570-577.

McGrath, S. P., Zhao, F. J. and Withers, P. J. A. 1996. Development of sulphur deficiency in crops and its treatment. Proceedings of the Fertilizer Society, No. 379. Peterborough. England.

Motior, M. R., Abdou, A. S., Fareed, H. A. D. and Sofian, M. A. 2011. Responses of sulfur, nitrogen and irrigation water on *Zea mays* growth and nutrients uptake. Australian Journal of Crop Science 5 (3): 347-357.

Mohammady Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G. H., Berenji, A. R., Besharati, H. and Fotovat, A. 2010. Effect of Thiobacillus, sulfur and vermicompost on the water-soluble phosphorus of hard rock phosphate. Bioresourse Technology 101: 551-554.

Noggle, G. R. and Fritz G. R. 1983. Introductory plant physiology. 2nd (Eds.). Prentice Hall Inc. Engle Wood Cliffs New Jersey 625 pp.

Orman, S. and Hüseyin, O. 2012. Effects of sulfur and zinc applications on growth and nutrition of bread wheat in calcareous clay loam soil. African Journal of Biotechnology 11 (13): 3080-3086.

Qahar, A. and Ahmad, B. 2016. Effect of nitrogen and sulfur on maize hybrids yield and post-harvest soil nitrogen and sulfur. Sarhad Journal of Agriculture 32 (3): 239-251.

Ravichandra, P., Gopal Mugeraya, A., Gangagni Rao, M., Ramakrishna, V. and Annapurna Jetty, Y. 2007. Isolation of *Thiobacillus* sp from aerobic sludge of distillery and dairy effluent treatment plants and its sulfide oxidation activity at different concentrations. Journal of Environmental Biology 28 (4): 819-823.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

Rossi, A. M., Juarez, M. D., Samman, N. C. and Villarreal, M. 2004. Nitrogen contents in food: A comparison between the Kjeldahl and Hach methods. Anales des la Asociacion Quimica Argentina 92 (4): 99-108.

Sayami, A. and Besharati, H. 2002. The process of iron and zinc liberation on the sulfur dioxide oxidation. Journal of Soil Research (Soil and Water Sciences) 26 (3): 267-256.

Swati, D., Justin, A. N., Jaya, S., Bradley, S. and Robert Tabita, F. 2015. In vivo studies in *Rhodospirillum Rubrum* indicate that ribulose-1, 5, bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) catalyzes two obligatorily required and physiologically significant reactions for distinct carbon and sulfur metabolic pathways. Journal of Biological Chemistry 1-8.

Wykoff, D. D., Davies, J. P., Melis, A. and Grossman, A. R. 1998. The regulation of photosynthetic electron transport during nutrient deprivation in Chlamydomonas reinhardtii. Plant Physiolology 117: 129-139.

Zhao, C., Degryse, F. Gupta, V. and McLaughlin, M. J. 2015. Elemental sulfur oxidation in australian cropping soils. Soil Science Society of America Journal Abstract-Soil Fertility and Plant Nutrition 79: 89-96.

Zhiqiang, T., Xuhong, C. Demei, W., Yanjie, W., Shaokang, M., Yushuang,Y. Guangcai, Z. 2018. Effects of sulfur fertilization and short-term high temperature on wheat grain production and wheat flour proteins. The Crop Journal 6 (4): 413-425.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]

Effect of increasing the solubility of soil nutrients on quantitative and qualitative yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Khuzestan province

F. Mousavi[1], S. K. Marashi[2*] and T. Babaei Nejad[3]

1) M.S. Student, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2) Assistant Professor, Department of Agronomy, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
3) Assistant Professor, Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

[*]**Corresponding Author: Marashi_47@yahoo.com**

Received date: 2019.02.06 **Accepted date: 2019.06.09**

Abstract

Acidic modifiers are common methods in high pH soils to increase solubility of nutrients. In order to investigate the possibility of reducing the soil alkalinity and increasing the solubility of nutrients, this experiment was conducted based on factorial in a randomized complete block design with three replications. The factors including three levels of zero, 250 and 500 kg/ha sulfur sulfate and three levels of zero, 5 and 10 kg/ha thiobacillus bio-fertilizer that performed in three replicates in the Elahi village located in north of Ahvaz in 2017-18. The results showed that the effect of sulfur fertilizer and thiobacillus on number of spikes per square meter, grain number per spike, 1000-grain weight, grain yield, biological yield, harvest index and protein percentage were significant at 1% probability level. The interaction between sulfur and thiobacillus fertilizers on biological yield at 1% and harvest index at 5% probability level was significant. The results of mean comparisons showed that grain yield and protein percentage increased with change in thiobacillus and sulfur content and was statistically different at different levels of treatments. The maximum grain yield was obtained from 500 kg/ha sulfur treatment and 10 kg/ha thiobacillus by 5663 and 5077 kg/ha, respectively, while the minimum grain yield was observed under non-application of sulfur by 3668 kg/ha and non-application of thiobacillus by 4329 kg/ha. The maximum protein content was under 500 kg/ha sulfur and 10 kg/ha thiobacillus by 13.2% and 12.7% and the minimum was in non-application of sulfur by 10.8% and non-application of thiobacillus by 11.6%. In general, the results of the experiment showed that under sulfur and thiobacillus application, it is possible to increase the quantitative and qualitative of yield in wheat. In this experiment, the best result was obtained under 500 kg/ha of sulfur and 10 kg/ha of thiobacillus, which could be considered and recommended by farmers and researchers.

Keywords: Grain protein, thiobacillus, sulfate sulfate and grain yield.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-04-26]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1398.11.43.8.7]