فصلنامه‌ی علوم به زراعی گیاهی
دوره نهم، شماره دو، پاییز ۱۳۹۸

تاثیر کاربرد گوگرد و تیوباسیلیوس در بهبود خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گندم (*Triticum aestivum* L.) در اراضی خوزستان

فاطمه موسوی[۱]، سید کیوان مرعشی[۲*]، 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.
* مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیکی: marashi_47@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۳ خرداد ماه ۱۳۹۸؛ تاریخ پذیرش: ۸ آذر ماه ۱۳۹۸)

چکیده

به منظور بررسی اثر اصلاح کننده‌های اسیدی در اراضی با pH بالا بر بهبود خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گندم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل مقادیر سولفات گوگرد در سه سطح به صورت (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مقادیر کود زیستی تیوباسیلوس در سه سطح (صفر، پنج و ۱۰ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثر مقادیر کود گوگردی و باکتری تیوباسیلوس بر وزن خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت فتوسنتز خالص و ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل کاربرد کود گوگردی و تیوباسیلوس بر وزن خشکل کل در سطح احتمال یک درصد و بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار و بر سایر صفات معنی‌دار نبود. بیشترین سرعت رشد محصول با ۱۲/۵ و ۱۱/۶ گرم در متر مربع در روز به ترتیب در شرایط مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگردی و ۱۰کیلوگرم در هکتار تیوباسیوس و کمترین آن به ترتیب با ۹/۷ و ۱۰/۶ در عدم کاربرد کود گوگردی و عدم کاربرد تیوباسیلیوس حاصل شد. بیشترین ارتفاع بوته با ۹۴/۳ سانتی‌متر در شرایط کاربرد ۵۰۰ و ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگردی و تیوباسیلوس و کمترین آن با ۷۴/۶ در عدم کاربرد کود گوگردی و تیوباسیلوس مشاهده شد. نتایج کلی آزمایش نشان داد که کاربرد کود گوگردی و تیوباسیلوس در اراضی کشاورزی در اراضی با pH بالا باعث بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی گندم شد که می‌تواند مورد توجه محققین و زارعین قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، سرعت رشد محصول ، شاخص سطح برگ

مقدمه

گندم اولین غله و مهم ترین گیاه زراعی دنیا و تامین کننده نیاز غذایی انسان در کشورهای مختلف می‌باشد(۲۶). بیان شده است که سطح زیر کشت گندم در کل کشور در سال ۱۳۹۵ معادل ۵ میلیون و ۴۰۰ هزار هکتار بود و بیشترین میزان تولید به استان‌های کردستان، خوزستان و کرمانشاه اختصاص داشت (۴).

ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود و وجود مواد مادری آهکی سبب تحول و پیدایش خاک‌های آهکی و قلیایی در اکثر نقاط ایران شده است (۱۵). بررسی وضعیت عناصر غذایی در خاک‌های آهکی و قلیایی نشان می‌دهد که علیرغم وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی نظیر فسفر، آهن و روی، فرم محلول و قابل جذب این عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد و نمو گیاهان بوده و کمبود آنها یکی از عوامل محدود کننده تولید محصول در این خاک‌ها محسوب می‌شود (۵). افزودن اصلاح‌کننده‌های اسیدی از روش‌های رایج در خاک‌های با pH بالا، برای افزایش حلالیت عناصر غذایی و بهبود عملکرد گیاهان می‌باشند(۲۴). گوگرد از عناصر پر مصرف یا ماکرو بوده و نیاز اغلب گیاهان به گوگرد حتی گاهی از میزان فسفر نیز بیشتر است.کمبود این عنصر، تعادل مواد غذایی محیط خاک را به هم می‌زند و منجر به غیر فعال شدن فرآیندهای بیولوژیکی گیاهان می‌شود و اثر عکس روی رشد گیاهان دارد (۱۵). اثرات مفید کاربرد گوگرد در خاک‌های زیر کشت، مانند افزایش عملکرد محصول، کاهش pH خاک‌های آهکی و نیز افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی، در نتیجه تحقیقات دیگر محققین به اثبات رسیده است (۱). مهمترین اکسیدکنندگان گوگرد در خاک‌های کشاورزی، باکتری‌های جنس تیوباسیلوس می‌باشند. این باکتری‌ها گوگرد موجود در خاک را به صورت $SO4^{2+}$ قابل جذب برای گیاهان تغییر می‌دهند(۵). این باکتری با اکسیدکردن گوگرد ضمن تأمین سولفات مورد نیاز گیاه، با کاهش اسیدیته خاک در اطراف ریشه‌ها باعث افزایش حلالیت عناصر ریزمغذی در خاک می‌شود. همچنین با افزایش قابلیت جذب عناصرغذایی پرمصرف و ریز مغذی در خاک به رشد بهتر گیاه کمک می‌کند (۱۹). گزارش شده است که کاربرد گوگرد بر اساس ویژگی‌های خاک به خصوص مقدار سولفات قابل جذب، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود و خاک‌هایی که مقدار سولفات قابل جذب خاک کمتری دارند، اثر گوگرد مصرفی بر رشد و عملکرد گندم در آنها بیشتر است(۲۱). محققین دیگر در بررسی اثر گوگرد بیان داشتند که اثر سطوح مختلف کود گوگرد بر برخی صفات زراعی ذرت معنی‌دار نبود اما با افزایش مقدار آن تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار در مقایسه با شاهد صفات ذکر شده افزایش یافتند (۲۸). در تحقیقی دیگر نشان داده شد که با کاربرد گوگرد و کمپوست، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ گندم به طور معنی‌داری افزایش و بیشترین مقدار از این صفات در شرایط مصرف ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد و ۲۰ تن در هکتار کمپوست حاصل شد (۱۴). گزارش شده است که اثرات اصلی باکتری تیوباسیلوس و مصرف گوگرد گرانوله آلی به طور معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع بوته در سویا شده است (۲). همچنین بیان شده است که بیشترین ارتفاع گیاه در گلرنگ با کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگردی حاصل شد(۱۶). کاربرد باکتری تیوباسیلوس قادر به افزایش رشد گیاه در شرایط نامناسب رشدی شد زیرا باکتری‌های محرک رشد ارتفاع بوته گندم را در مقایسه با شاهد ۱۹ درصد افزایش داد (۱۱). در تحقیقی دیگر بیشترین شاخص سطح برگ در زراعت کنجد، در شرایط مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد گزارش شد (۲۷). همچنین اظهار شده است که با کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد، بیشترین ارتفاع و شاخص سطح برگ در ذرت حاصل می‌گردد (۱۸).

با عنایت به اثرات مفید گوگرد در زراعت و با توجه به این که هر گونه بسترسازی در زمینه مصرف گوگرد در خاک‌های ایران در قدم اول مستلزم وجود مستندات علمی جامعی است که به طور دقیق نتایج حاصل از مصرف گوگرد و تیوباسیلوس را در سطح قابل قبولی در سطح مزرعه اثبات نماید، این آزمایش با هدف بررسی تاثیر مقادیر گوگرد و تیوباسیلوس بر خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گندم طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹۶ در روستای الهایی واقع در شمال اهواز اجراء 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. در این آزمایش از خاک مزرعه در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت‌خاک	ذرات تشکیل دهنده خاک (درصد)			واکنش‌خاک	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن‌آلی (درصد)	گوگرد	پتاسیم	فسفر	نیتروژن
	شن	لای	رس				(میلی‌گرم برکیلوگرم)			
لومی رسی	۱۸	۴۸	۳۴	۷/۸۲	۲/۶	۰/۵۵	۱۹	۱۷۳	۹/۶	۰/۰۴

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مرحله اجرا درآمد. فاکتورها شامل مقادیر مختلف کود سولفات گوگرد در سه سطح به صورت (صفر، ۲۵۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) و مقدار مصرف کود زیستی تیوباسیلوس در سه سطح (صفر، پنج و ۱۰ کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. بر اساس توصیه شرکت فناوری زیستی مهر آسیا مقدار مصرف کود زیستی تیوباسیلیوس، یک کیلوگرم به ازای هر ۵۰ کیلوگرم کود گوگردی بود که قبل از کاشت به طور همزمان با خاک کاملا مخلوط شد. کود گوگردی از نوع کود آلی گرانوله با درصد ترکیبات مواد آلی ۴۵٪، گوگرد ۴۵٪ و بنتونیت ۱۰٪ بود (۳). نیتروژن به میزان ۱۳۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره در دو مرحله به صورت پایه و سرک در ابتدای مرحله ساقه رفتن و فسفر مورد نیاز از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص تماماً به صورت پایه استفاده شد. در این آزمایش از گندم رقم چمران ۲ استفاده شد.

کشت گندم در نیمه اول آذر ماه به صورت کرتی خطی و بصورت دستی در تراکم ۴۰۰ بذر در متر مربع انجام شد. عملیات داشت شامل آبیاری و وجین بود که مبارزه با علف های هرز باریک برگ و پهن برگ به صورت وجین دستی صورت گرفت. برداشت نهایی در تاریخ ۱۹ اردیبهشت ۱۳۹۷ به صورت دستی انجام شد.

به منظور تعیین وزن خشک کل و شاخص سطح برگ، سه نمونه برداری در مراحل آبستنی، ابتدای مرحله گرده‌افشانی و مرحله دانه بستن انجام شد. در این تحقیق شاخص سطح برگ به روش ترسیمی و به کمک رابطه زیر تعیین شد (۱۳):

$$LAI = \frac{LA}{SA}$$

SA = سطح زمین (متر مربع)

LA = سطح برگ (متر مربع)

سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت فتوسنتز خالص (NAR) بین دو مرحله آبستنی تا ابتدای گرده‌افشانی به کمک روابط ۱ و ۲ محاسبه شد (۱۳):

$$CGR\ (g/m^2/day) = \frac{W2-W1}{GA(T2-T1)} \qquad (۱)$$

$$NAR\ (g/m^2/day) = CGR \times \frac{(LnLA2 - LnAI1)}{(LA2 - LA1)} \quad (۲)$$

در این روابط:

W_2-W_1: وزن ماده خشک تولیدی در دو برداشت متوالی (گرم)

T2-T1: فاصله زمانی بین دو برداشت متوالی (روز)

GA: سطح زمین اشغال شده توسط گیاه در زمان نمونه گیری

LAI: شاخص سطح برگ

جهت تعیین ارتفاع بوته، بطور تصادفی ۱۰ ساقه از هر کرت از سطح زمین کف بر و ارتفاع آنها تا انتهای سنبله اندازه‌گیری و میانگین‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از برنامه آماری Minitab و مقایسه میانگین تیمارها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که اثر مقادیر کود گوگردی و تیوباسیلوس بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته با ۹۴/۳ سانتی‌متر در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۱۰ کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس و کمترین آن در عدم کاربرد مقادیر کود گوگرد و تیوباسیلوس (شاهد) با ۷۴/۶ سانتی‌متر حاصل شد که در مقایسه با شاهد باعث افزایش رشد ساقه به میزان ۲۷٪ شد (جدول ۳). با توجه به نقش کلیدی سولفور در ساختار اسیدهای آمینه گوگردی (سیستین، سیستئین و متیونین)، پروتئین‌ها (آنزیمی و ساختمانی)، ویتامین‌ها (تیامین و بیوتین) و کوآنزیم‌ها، توقف تقسیمات سلولی در شرایط کمبود سولفور قابل پیش بینی است (۷) از طرفی کاهش فتوسنتز و در پی آن کاهش منابع مورد نیاز رشد، شاید عمده ترین دلیل افت شدید سرعت تقسیم سلولی در محدودیت سولفور باشد(۲۰). با توجه به موارد بیان شده، فتوسنتز و در نهایت تقسیمات سلولی در حضور گوگرد افزایش یافته و باعث افزایش ارتفاع بوته می‌شود. گزارش شده است که با افزایش کاربرد تیوباسیلوس تا ۳ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع بوته در گلرنگ افزایش معنی‌داری یافت به طوریکه نسبت به شاهد ۱۲ درصد افزایش داشت(۱۶). احتمالا کاربرد تیوباسیلوس از طریق اسیدی کردن خاک به افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و افزایش ارتفاع بوته شده است. بیان شده است که باکتری‌های جنس تیوباسیلوس شیمیوتروف بوده و با اکسایش ترکیبات احیا شده گوگردی انرژی لازم برای تثبیت دی اکسید کربن و انجام فعالیت‌های حیاتی را کسب می‌کنند(۱۸). سایر محققین بیان کردند که تحریک تولید اکسین یکی از مکانیسم‌های باکتری‌های تیوباسیلوس در افزایش ارتفاع بوته می‌باشد (۲). در این آزمایش مصرف گوگرد و تیوباسیلوس شرایط را برای رشد بیش تر گیاه فراهم کرد. از آنجایی که خاک منطقه مورد تحقیق تا حدودی قلیایی است و در این شرایط فعالیت باکتری‌های تیوباسیلوس کم است، لذا مصرف گوگرد در حضور باکتری تیوباسیلوس برای جذب بهتر گوگرد لازم به نظر می‌رسد. علاوه بر این، مصرف گوگرد سبب آزادسازی عناصر مهمی همچون فسفر، آهن، روی و منگنز می‌شود (۹). این عناصر نقش بارزی در افزایش فتوسنتز و به دنبال آن افزایش ارتفاع بوته دارند. همچنین با توجه به این که کمبود گوگرد باعث کاهش کارایی استفاده از نیتروژن می‌شود(۲۲)، لذا به نظر می‌رسد مصرف گوگرد با تأمین گوگرد مورد نیاز باعث رفع کمبود گوگرد و افزایش رشد و ارتفاع گیاه شده است.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مرفوفیزیولوژیکی گندم در شرایط کاربرد کود گوگردی و تیوباسیلوس

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک کل				شاخص سطح برگ				
		ارتفاع بوته	آبستنی	گرده‌افشانی	دانه بستن	آبستنی	گرده‌افشانی	دانه بستن	سرعت رشد محصول	سرعت فتوسنتز خالص
گوگرد	۲	۴۹۷/۹**	۱۸۸۶۳۶**	۲۴۳۸۱۴**	۲۳۲۳۴۱**	۰/۲۶۴۵۸۱*	۰/۲۸۶۳۸۱*	۰/۵۱۶۲۷*	۱۸/۲۰۷۳*	۰/۴۹۰۰۰*
تیوباسیلوس	۲	۹۳/۹۸**	۲۴۷۷۸**	۳۱۳۱۹**	۳۰۱۰۸**	۰/۰۵۳۷۱۵**	۰/۰۳۴۹۰۴**	۰/۰۴۱۰۰*	۱/۹۵۲۲**	۰/۰۴۱۲۵*
گوگرد × تیوباسیلوس	۴	۲/۹۲*	۲۲۶۵**	۲۳۴۴**	۲۲۸۹**	۰/۰۰۰۰۵۹^{ns}	۰/۰۰۰۳۷۰^{ns}	۰/۰۰۰۱۴^{ns}	۰/۰۰۵۴^{ns}	۰/۰۰۰۸۴^{ns}
خطای آزمایش	۱۶	۰/۸۶	۳۳۹	۳۷۳	۳۶۵	۰/۰۰۰۸۴۰	۰/۰۰۱۹۳۱	۰/۰۰۰۴۶	۰/۰۴۴۳	۰/۰۰۲۵۲
ضریب تغییرات	-	۸/۰	۱۳/۰	۱۲/۸	۱۲/۸	۱۴/۶	۱۳/۷	۱۸/۳	۱۱/۴	۷/۵

^{ns} و * و ** به ترتیب بیانگر تفاوت غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد آماری می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کود گوگردی و تیوباسیلوس بر صفات مرفوفیزیولوژیکی گندم

گوگرد	تیوباسیلوس	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	وزن خشک کل (گرم در متر مربع)		
			آبستنی	گرده‌افشانی	دانه بستن
صفر	صفر	۷۴/۶۲ ^{cd}	۷۹۵ ^{e}	۹۲۵/۵ ^{e}	۹۰۲/۷ ^{e}
	۵ کیلوگرم در هکتار	۷۶/۷۲ ^{c}	۸۵۷/۳ ^{de}	۹۹۴ ^{de}	۹۷۰/۱ ^{de}
	۱۰ کیلوگرم در هکتار	۷۹/۷۷ ^{bc}	۸۸۰/۳ ^{d}	۱۰۲۲/۸ ^{d}	۹۹۸/۱ ^{d}
۲۵۰ کیلوگرم در هکتار	صفر	۸۲/۵۲ ^{b}	۹۳۶/۷ ^{cd}	۱۰۸۵/۷ ^{cd}	۱۰۶۰/۳ ^{cd}
	۵ کیلوگرم در هکتار	۸۶/۰۰ ^{abc}	۹۹۷/۴ ^{c}	۱۱۵۳/۴ ^{c}	۱۱۲۵/۹ ^{c}
	۱۰ کیلوگرم در هکتار	۹۰/۹۸ ^{a}	۱۰۹۷/۴ ^{b}	۱۲۶۰/۶ ^{b}	۱۲۳۲ ^{b}
۵۰۰ کیلوگرم در هکتار	صفر	۸۸/۵۹ ^{ab}	۱۰۹۳/۸ ^{b}	۱۲۶۳/۴ ^{b}	۱۲۳۲/۷ ^{b}
	۵ کیلوگرم در هکتار	۹۲/۱۹ ^{a}	۱۱۴۱/۹ ^{ab}	۱۳۱۸/۹ ^{ab}	۱۲۸۶/۹ ^{ab}
	۱۰ کیلوگرم در هکتار	۹۴/۳۶ ^{a}	۱۱۶۲/۲ ^{a}	۱۳۴۴/۷ ^{a}	۱۳۱۲/۳ ^{a}

میانگین تیمارهایی که در هر ستون دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با همدیگر ندارند

وزن خشک کل بوته

نتایج نشان داد که اثر مقادیر کود گوگردی و تیوباسیلوس و اثر متقابل آن بر وزن خشک کل در مراحل مختلف رشد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیشترین وزن خشک کل در تمام مراحل رشد در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۱۰ کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس و کمترین آن در عدم کاربرد کود گوگرد و تیوباسیلوس (شاهد) حاصل شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد با تأمین گوگرد مورد نیاز، فتوسنتز گیاه افزایش و در نهایت باعث افزایش وزن خشک بوته شده است. محققین افزایش تولید ماده خشک با مصرف گوگرد در گلرنگ را به

افزایش رشد ریشه، تشکیل کلروفیل و افزایش در فتوسنتز نسبت داده‌اند (۲۹). همچنین مشخص شده است که در شرایط کاربرد تیوباسیلوس تولید ماده خشک سیب‌زمینی افزایش یافت (۱۲). محققین نشان دادند که کاربرد گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس اثر معنی‌داری بر عملکرد ذرت داشت و باعث افزایش ماده خشک گردید (۱۹). بیان شده است که باکتری‌های مورد بررسی در این پژوهش به دلیل تولید مواد محرک رشد بر توزیع مواد فتوسنتزی و تسهیم ماده خشک موثر می‌باشند (۱۰). همچنین بیان شده است که اسید سولفوریک حاصل از اکسیداسیون گوگرد، با فسفات خاک واکنش نشان می‌دهد و ترکیبات فسفری محلول و قابل جذب نظیر منو کلسیم فسفات و دی کلسیم فسفات در خاک افزایش می‌یابد. در چنین شرایطی گیاه به دلیل خود تنظیمی و وجود روابط بین عناصر اقدام جذب نیتروژن، پتاسیم و سایر عناصر می‌نماید که نتیجه آن افزایش در تولید و تجمع ماده خشک در گیاه خواهد بود (۶).

شاخص سطح برگ

نتایج نشان داد که اثر مقادیر کود گوگردی و تیوباسیلوس بر شاخص سطح برگ در مراحل مختلف رشد در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ در تمام مراحل رشد در شرایط کاربرد مقدار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد و کمترین شاخص سطح برگ در عدم کاربرد کود گوگردی مشاهده شد (جدول ۴). همچنین با افزایش مصرف تیوباسیلوس، شاخص سطح برگ افزایش یافت و بیشترین شاخص سطح برگ در در شرایط کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس و کمترین مقدار در شرایط عدم کاربرد تیوباسیلوس مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مرفوفیزیولوژیکی گندم در شرایط کاربرد کود گوگردی و تیوباسیلوس

تیمارها	شاخص سطح برگ			سرعت رشد محصول (گرم در متر مربع در روز)	سرعت فتوسنتز خالص (گرم در متر مربع در روز)
گوگرد	آبستنی	گرده‌افشانی	دانه بستن		
صفر	۳/۲۸ c	۴/۲۳ c	۲/۲۶ c	۹/۷۵ c	۲/۵۹ c
۲۵۰ کیلوگرم در هکتار	۳/۴۷ b	۴/۴۱ b	۲/۵۱ b	۱۱/۱۴ b	۲/۸۳ b
۵۰۰ کیلوگرم در هکتار	۳/۶۳ a	۴/۵۸ a	۲/۷۴ a	۱۲/۵۹ a	۳/۰۶ a
تیوباسیلوس					
صفر	۳/۳۸ c	۴/۳۵ c	۲/۴۴ c	۱۰/۶۹ c	۲/۷۵ c
۵ کیلوگرم در هکتار	۳/۴۶ b	۴/۴ b	۲/۵ b	۱۱/۱۸ b	۲/۸۴ b
۱۰ کیلوگرم در هکتار	۳/۵۴ a	۴/۴۷ a	۲/۵۸ a	۱۱/۶۲ a	۲/۸۹ a

میانگین تیمارهایی که در هر ستون و هر تیمار دارای حروف مشابهی هستند؛ بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح پنج درصد از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با همدیگر ندارند

نتایج این آزمایش با یافته‌های سایر محققین مبنی بر افزایش شاخص سطح برگ کلزا در شرایط مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگردی مطابقت داشت (۹). محققین دیگر نیز به افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ کلزا در شرایط مصرف گوگرد اشاره نموده‌اند (۱۷). چنین اظهار شده است که کاهش موضعی pH خاک حاصل از مصرف گوگرد شرایط را برای افزایش رشد رویشی و افزایش شاخص سطح برگ فراهم می‌نماید (۱۵). به نظر می‌رسد که دلیل اصلی آن مربوط به حل شدن بیشتر آهک در خاک، تأثیر مثبت آن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و نیز افزایش جذب سایر عناصر باشد (۵).

سرعت رشد محصول

نتایج نشان داد که اثر مقادیر کود گوگردی و تیوباسیلوس بر سرعت رشد محصول از مرحله آبستنی تا ابتدای گرده‌افشانی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسات میانگین نشان داد که با افزایش مصرف کود گوگرد سرعت رشد محصول افزایش یافت. بیشترین سرعت رشد محصول با ۱۲/۵ گرم در متر مربع در روز در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگردی و کمترین سرعت رشد محصول در عدم کاربرد مقادیر کود گوگرد با ۹/۷ گرم در متر مربع در روز حاصل شد (جدول ۴). همچنین با افزایش مصرف تیوباسیلوس، سرعت رشد محصول افزایش یافت بطوریکه بیشترین سرعت رشد محصول با ۱۱/۶ گرم در متر مربع در روز در کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس و کمترین آن در عدم کاربرد تیوباسیلوس با ۱۰/۶ گرم در متر مربع در روز مشاهده شد (جدول ۴). نتایج بررسی سرعت رشد محصول نشان داد که تغییرات سرعت رشد محصول روند تقریبا مشابهی با روند تغییرات سطح برگ دارد. افزایش سرعت رشد محصول در طول فصل رشد را می‌توان به افزایش سطح برگ و کاهش سرعت رشد محصول را به کاهش فتوسنتز خالص و ریزش برگ‌ها نسبت داد. در این خصوص بیان شده است که کمبود سولفور منجر به کاهش برخی پروتئین‌های حاوی سولفور نظیر روبیسکو و پروتئین‌های سازنده کمپلکس پروتئینی جمع کننده نور در فتوسیستم‌ها می‌گردد(۲۳). به نظر می‌رسد کاهش این پروتئین‌ها باعث کاهش میزان فتوسنتز شده که خود باعث کاهش سرعت رشد محصول می‌شود. سایر محققین بیان کرده‌اند که کاربرد گوگرد از طریق تاثیر بر آنزیم روبیسکو سبب افزایش تولیدات فتوسنتزی و افزایش سرعت رشد محصول می‌گردد(۲۵). آزاد شدن یون کلسیم در محلول خاک، تحت تاثیر کاربرد گوگرد زمینه را برای تبادل این کاتیون با یون H^+ موجود روی کلوئیدی‌های خاک فراهم نموده و در این شرایط کاهش اندک pH خاک، شرایط مناسب‌تری را برای بوته‌های گندم فراهم نموده باشد (۱۵). در همین رابطه گزارش شده است که پس از مصرف تیمارهای گچ، واکنش pH و هدایت الکتریکی محلول خاک کاهش پیدا کرد و این شرایط زمینه را برای رشد مناسب گیاهان از طریق جذب بهتر سایر عناصر غذایی به ویژه فسفر فراهم می نماید(۸). همچنین گزارش شده است که کاربرد گوگرد براساس ویژگی‌های خاک به خصوص مقدار سولفات قابل جذب، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود (۲۱).

سرعت فتوسنتز خالص

نتایج نشان داد که اثر مقادیر کود گوگردی و تیوباسیلوس بر سرعت فتوسنتز خالص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در این تحقیق با افزایش مصرف کود گوگرد سرعت فتوسنتز خالص افزایش یافت بطوریکه بیشترین سرعت فتوسنتز خالص با ۳/۰ گرم در متر مربع در روز در شرایط کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگردی و کمترین سرعت فتوسنتز خالص در شرایط عدم کاربرد کود گوگردی با ۲/۵ گرم در متر مربع در روز حاصل شد (جدول ۴). همچنین با افزایش مصرف تیوباسیلوس، سرعت فتوسنتز خالص افزایش یافت. بیشترین سرعت فتوسنتز خالص گندم با ۲/۸ گرم در متر مربع سطح برگ در روز در شرایط کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس و کمترین آن در عدم کاربرد تیوباسیلوس با ۲/۷ گرم در متر مربع سطح برگ در روز مشاهده شد (جدول ۴). سرعت فتوسنتز خالص معیاری از مدل کارائی فتوسنتزی برگ‌ها در یک جامعه گیاهی می‌باشد. بیان شده است تغذیه مطلوب گیاهی از طریق افزایش کارایی فتوسنتز برگ‌ها سرعت فتوسنتز خالص را افزایش می‌دهد (۱۵). می‌توان اظهار نمود که کاربرد کود گوگردی و باکتری تیوباسیلوس باعث افزایش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن می‌گردد که نتیجه این امر باعث افزایش فتوسنتز در واحد سطح برگ و نهایتا افزایش سرعت فتوسنتز خالص می‌گردد که با نتایج فلاح و همکاران (۱۱) و خادم و همکاران (۶) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج نشان داد مصرف کود گوگردی و باکتری تیوباسیلوس سبب بهبود خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گندم شد، در این راستا سطح کودی ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد و ۱۰ کیلوگرم در هکتار تیوباسیلوس بیشترین تاثیر را بر خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی نظیر وزن خشک کل، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت فتوسنتز خالص و ارتفاع بوته داشت. بنابراین با توجه به نتایج حاصله می‌توان مصرف همزمان گوگرد را به همراه باکتری تیوباسیلوس برای بهبود خصوصیات مرفوفیزیولوژیکی گندم مدنظر قرار داد و در منطقه توصیه نمود.

منابع

۱- **اخوان، ز. و فلاح نصرت آباد، ع. ۱۳۹۲.** تاثیر گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر pH خاک، وزن خشک و قابلیت جذب فسفر در کلزا. مجله الکترونیک مدیریت خاک و تولید پایدار، ۳ (۱): ۱۳-۱.

۲- **بشارتی، ح. و ملک زاده، ط. ۱۳۹۴.** تأثیر گوگرد و تیوباسیلوس بر رشد و جذب برخی عناصر غذایی گیاه سویا در چند چهار خاک آهکی با ظرفیت بافری متفاوت. نشریه پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب)، ۲۹ (۲): ۱۶-۱.

۳- **بی نام. ۱۳۹۵.** شرکت فناوری زیستی مهر آسیا.

۴- **بی نام. ۱۳۹۶.** وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی، دفتر آمار و فنآوری اطلاعات.

۵- **چقازردی، ح.ر.، محمدی، غ. و بهشتی آل آقا، ع. ۱۳۹۲.** ارزیابی اثر گوگرد و کود دامی بر خصوصیات رشد گیاه ذرت(سینگل کراس ۷۰۴) و اسیدیته خاک. نشریه پژوهشهای زراعی ایران، ۱۱(۱): ۱۷۰-۱۶۲.

۶- **خادم, ا.، گلچین، ا. و زارع، ا. ۱۳۹۳.** تأثیر کودهای دامی و گوگرد بر میزان جذب عناصر غذایی توسط ذرت (*Zea mays* L). پژوهش های کاربردی زراعی، ۲۷(۱۰۳): ۱۱-۲.

۷- **خاوازی، ک.، جهاندیده مهجن آبادی، ح. و تقی پور، ف. ۱۳۹۷.** تأثیر کاربرد گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و فسفر بر عملکرد و جذب عناصر غذایی گندم در یک خاک آهکی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۸(۲): ۴۱-۲۳.

۸- **دورودیان، ح. ر. ۱۳۸۷.** بررسی امکان تغییر فسفر قابل جذب خاک‌های آهکی و اثر آن بر عملکرد ذرت. دانش نوین کشاورزی، ۶ (۱۸) : ۳۵-۲۷.

۹- **رحیمیان، ز. ۱۳۹۰.** اثر گوگرد و تیوباسیلوس به همراه ماده آلی بر صفات کمی و کیفی کلزا. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی، ۳(۱۲): ۲۷-۱۹.

۱۰- **سید شریفی، ر. و حیدری سیاه خلکی، م. ۱۳۹۴.** تاثیر کود های بیولوژیک بر شاخص های رشدی و سهم فرایند انتقال مجدد ماده خشک در عملکرد دانه گندم. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۲۸(۲): ۳۴۳-۳۲۶.

۱۱- **فلاح، ع. ر.، مومنی، س. و شریعتی، ش. ۱۳۹۳.** بررسی اثرات کودهای زیستی باکتری‌های محرک رشد و کود نیتروژنه بر پارامترهای کمی و کیفی گندم. تحقیقات کاربردی خاک، ۲(۱): ۱۱۴-۱۰۳.

۱۲- **قبادی، م.، جهان بین، ش.، اولیایی، ح.، مطلبی فرد، ر. و پرویزی، خ. ۱۳۹۲.** تأثیر کودهای زیستی فسفر بر عملکرد و جذب فسفر در سیب زمینی. نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۲): ۱۳۸- ۱۲۵.

۱۳- **طریق الاسلامی، م.، ضرغامی، ر.، مشهدی اکبر بوجار، م.، اویسی، م. ۱۳۹۱.** تأثیر تنش خشکی و مقادیرکود نیتروژن بر شاخص های فیزیولوژیک ذرت دانه ای. مجله زارعت و اصلاح نباتات، ۸(۱): ۱۷۴-۱۶۱.

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

۱۵- ملکوتی، م. ۱۳۷۸. روش جامع تشخیص و ضرورت مصرف بهینه کودهای شیمیایی، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ۱۵۴ ص.

۱۶- نوربخش، ف.، بهدانی، م.، جامی الاحمدی، ع. و محمودی، س.۱۳۹۳. ارزیابی اثر تلفیقی کاربرد گوگرد با تیوباسیلوس بر عملکرد کیفی وخصوصیات مورفولوژیک گلرنگ. نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۶(۱): ۵۹-۵۱.

17- Ahmad, G., Jan, A., Arif, I. and Arif, M. 2006. Phenology and physiology of canola as affected nitrogen and sulfur fertilization. Agronomy Journal, 5 (4): 555-562.

18- Amanullah, S., Fahad Bashir, A., Qahar, A. and Shah, S. 2015. Interactive effects of nitrogen and sulfur on growth, dry matter partitioning and yield of maize. Pure and Applied Biology, 4(2): 164-170.

19- Besharaty, H., Khavazi, K. and Saleh-Rastin, N. 2001. Evaluation of some carriers for thiobacillus inoculants used along with sulphur to increase uptake of some nutrients by corn and improve its performance. Plant Nutrition, 672-673.

20- Cao, H., Zhang. L. and Melis, A. 2000. Bioenergetic and metabolic processes for the survival of sulfur-deprived *Dunaliella salina* (Chlorophyta). Journal of Applied Phycology, 13: 25-35.

21- 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.

22- Fazili, I.S., Jamal, A., Ahmad, S., Masoodi, M., Khan, J.S. and Abdin, M.Z. 2008. Interactive effect of sulfur and nitrogen on nitrogen accumulation and harvest in oilseed crops differing in nitrogen assimilation potential. Journal of Plant Nutrition, 31(7): 1203-1220.

23- Ferreira, R. and Teixeira, A. 2005. Sulfur starvation in Lemna leads to degradation of ribulose-bisphosphate carboxylase without plant death. Journal of Biological Chemistry, 267: 7253-7257.

24- 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.

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

26- Metwali, M. Ehab-Manal, R., Tarek, H. and Bayoumi, E.Y. 2010. Agronomical traits and biochemical genetic markers associated with salt tolerance in wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(5): 174-183.

27- Muhammad, A.R., Yang Feng, L., Iqbal, N., Manaf, A., Bin Khalid, M., Rehman, S., Wasaya, A., Ansar, M., Billah, M., Yang, F. and Yang, W. 2018. Effect of sulphur application on photosynthesis and biomass accumulation of sesame varieties under rain fed conditions. Agronomy, 8(149):1- 16.

28- 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.

29- Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S. and Dharmatti, P.R. 2010. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka Journal of Agricultural Science, 21(3): 382-385.

Quarterly Journal of Plant Production
Vol. 9, No. 2, Autumn 2019

Effect of application of sulfur and thiobacillus on improvement of morpho-physiological characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Khuzestan lands

Fatemeh Mousavi[1], Seyed Keyvan Marashi[2*] and Timour 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; Email: marashi_47@yahoo.com

(Received: 03 June 2019; Accepted: 29 November 2019)

Abstract

In order to investigate the effect of acid modifiers in lands with high pH on improving morpho-physiological characteristics of wheat, a factorial experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. The factors included, sulfur sulfate in three levels (0, 250 and 500 kg ha^{-1}) and thiobacillus in three levels (0, 5 and 10 kg ha^{-1}). The results showed that the effect of sulfur fertilizer and thiobacillus bacteria on total dry weight, leaf area index, crop growth rate, net assimilation rate and plant height were significant at 1% probability level. The interaction between sulfur and thiobacillus fertilizers on total dry weight was significant at 1% probability level and on plant height at 5% probability level and was not significant for other traits. The maximum crop growth rate were obtained by 12.5 and 11.6 g m^{-2} under 500 kg ha^{-1} sulfur fertilizer and 10 kg ha^{-1} thiobacillus, respectively and the minimum by 9.7 and 10.6 were under non-application of sulfur fertilizer and non-application of thiobacillus. The maximum plant height (94.3 cm) was observed under application of 500 and 10 kg ha^{-1} of sulfur and thiobacillus fertilizer and the minimum by 74.6 was under non-application of sulfur fertilizer and thiobacillus. In general, the results of experiment showed that the application of sulfur fertilizer and thiobacillus bacteria in lands with high pH improved morpho-physiological characteristics of wheat, which could be interest to researchers and farmers.

Keywords: Plant height, crop growth rate, leaf area index