Archive of SID



# بررسی اثر کاربرد گوگرد عنصری بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های کیفی گندم آبی (*Triticum astivum* L.)

جلال قادری[۱] *، محمدجعفر ملکوتی[۲]، کاظم خاوازی[۳] و محمدحسین داوودی[۴]

۱) دانشجوی دکتری گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس و عضو هیات علمی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۲) استاد گروه خاک‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳) عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج، تهران، ایران.

۴) عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

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

**تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۰۸** **تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۶/۲۸**

## چکیده

**در خاک‌های آهکی ایران به علت pH بالا، عناصر غذایی از حلالیت اندکی برخوردار بوده و جذب آن‌ها توسط گیاهان با مشکل مواجه است. گوگرد با کاهش pH خاک اطراف ریشه، موجب افزایش حلالیت و جذب عناصر غذایی خاک می‌شود. این پژوهش در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار گوگرد عنصری (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) همراه با باکتری تیوباسیلوس، در سه تکرار و در چهار مزرعه (چغانرگس، ایستگاه تحقیقاتی ماهیدشت، نجف‌آباد و قمشه) با مقدار سولفات قابل جذب متفاوت (۷، ۱۳، ۱۸ و ۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک)، در استان کرمانشاه در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. نتایج تجزیه مرکب این پژوهش نشان داد که اثر گوگرد، مکان و برهمکنش آن‌ها برعملکرد دانه، درصد پروتئین، وزن هزار دانه و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم در کلیه مناطق در سطح یک درصد معنی‌دار بود. مصرف ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در یک گروه آماری قرار داشتند، ولی تفاوت بین آن‌ها با ۲۵۰ کیلوگرم معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد دانه، وزن هزار دانه و غلظت عناصر غذایی در دانه با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری در هکتار به‌دست آمد. کاربرد بالاترین سطح گوگرد سبب افزایش ۵۰۳، ۶۱۷، ۳۱۵ و۲۴۶ کیلوگرم در هکتار دانه و ۶، ۷/۳، ۴/۸ و ۳/۲۵ درصد، پروتئین دانه گندم در مناطق چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه در مقایسه با تیمار شاهد گردید. با توجه به نتایج به‌دست آمده، کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار با باکتری تیوباسیلوس مناسب است.**

**واژه‌های کلیدی:** پروتئین، عناصر غذایی، گوگرد و وزن هزار دانه.

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

**مقدمه**

در خاک‌های آهکی، تولید محصول، با مشکلاتی مواجه است که عمدتاً ناشی از بالابودن pH و پایین‌بودن ماده آلی خاک می‌باشد. به دلیل وابستگی قابلیت جذب فسفر و برخی عناصر غذایی کم‌مصرف به pH خاک، معمولاً در چنین خاک‌هایی، این عناصر تثبیت شده و از دسترس گیاه خارج می‌شوند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). افزودن اصلاح کننده-های اسیدی از روش‌های رایج در خاک‌های با pH بالا، برای افزایش حلالیت عناصر غذایی و بهبود عملکرد گیاهان می-باشند (Karimizarchi *et al*., 2014a). امروزه به دلیل قیمت بالا و اثرات مخرب مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی بر محیط زیست و کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی، استفاده از گوگرد عنصری به‌عنوان یک عنصر غذایی و اسیدی‌کننده خاک، نقش آن در اصلاح خاک و تولید محصولات کشاورزی مورد توجه زیادی قرار گرفته است ( Erdal and Tarakcıoglu, 2000). گوگرد پس از عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم، چهارمین عنصر عمده مورد نیاز اکثر گیاهان زراعی می‌باشد. این عنصر یک جزء تشکیل‌دهنده اسیدهای آمینه سیستیین، متیونین و بخشی از پروتئین‌ها است که نقش مهمی را در ساخت ویتامین‌ها در سلول‌های گیاهی ایفا می‌کند (Marschner, 1995) و در نتیجه کمبود آن، رشد گیاهان به تأخیر و عملکرد کمی و کیفی آن‌ها کاهش می‌یابد (Motior *et al*, 2011). کمبودهای تغذیه‌ای در گیاهان، موجب افزایش حساسیت آن‌ها به تنش‌های محیطی می‌شود. تغذیه ناکافی گوگرد، باعث کاهش رشد و قدرت گیاه و کاهش تحمل به استرس‌های زنده و غیرزنده می‌شود (Scherer, 2001). کمبود گوگرد نه تنها عملکرد، بلکه کیفیت محصولات غذایی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. کمبود گوگرد با کاهش در میزان ترکیبات دفاعی محتوی گوگرد، موجب کاهش تحمل گیاه می‌شود. تنش‌های محیطی موجب تولید مقادیر بالایی از گونه هایی از اکسیژن واکنش‌گر یا رادیکال‌های آزاد در موجودات زنده گردیده که این پدیده می‌تواند منجر به اختلال در جریان عادی زندگی موجود زنده شده و حتی منجر به برخی از موارد پاتولوژیک در گیاه گردد (Hadji Sfaxi *et al*., 2012). عمارلو و همکاران (۱۳۹۴) نشان دادند که با افزایش مقادیر مختلف گوگرد، آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز افزایش و در نتیجه باعث افزایش تحمل گیاه سیر به تنش‌ها شد. سوپراکسید دیسموتاز به‌عنوان آنزیم مهمی که در کاهش سمیت واسطه‌های رادیکال‌های اکسیژن که در شرایط تنش، ایجاد می‌شود. آنزیم‌ها، سیستم آنتی اکسیدان گیاهی را فعال و اثر سمی رادیکال‌های آزاد را خنثی می-کنند. McDonald و Mousavvi (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که با مصرف گوگرد، غلظت روی و آهن در دانه گندم به‌ترتیب ۴۰ و ۳۰ درصد افزایش یافتند که نتیجه آن افزایش قدرت بذر و تحمل آن به انواع تنش و بیماری‌های گیاهی می‌باشد. همچنین Orman و Huseyin (۲۰۱۲) نیز گزارش کردند که با کاربرد گوگرد، غلظت روی و آهن در دانه گندم به‌ترتیب ۱۸/۷۶ و ۳۸/۴۷ درصد افزایش یافت. Ansori و Gholami (۲۰۱۵) مشاهده نمودند گوگرد عنصری، باعث

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

کاهش pH خاک و افزایش عملکرد، مقدار روغن و غلظت فسفر و آهن در دانه ذرت شدند و کم‌ترین pH خاک و بیش‌ترین مقدار عملکرد، روغن، آهن و فسفر در دانه با کاربرد۵۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری همراه با باکتری تیوباسیلوس بود. Erdem و همکاران (۲۰۱۶) گزارش کردند که کاربرد گوگرد بر اساس ویژگی‌های خاک به خصوص مقدار سولفات قابل جذب، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می شود و اظهار داشتند خاک‌هایی که مقدار سولفات قابل جذب خاک کم‌تری داشتند، اثر گوگرد مصرفی بر رشد و عملکرد گندم در آن‌ها بیش‌تر بود. مومن و همکاران (۱۳۹۰) طی تحقیقی نشان دادند که با کاربرد گوگرد و کمپوست، عملکرد، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ گندم به طور معنی‌داری افزایش و بیش‌ترین مقدار این صفات با مصرف ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد و ۲۰ تن در هکتار کمپوست بود. جلیلی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردندکه با افزایش گوگرد وکود دامی عملکرد و اجزای عملکرد گندم افزایش یافتند، به‌طوری که بیش‌ترین عملکرد دانه با ۵۲۴۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به مصرف ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با ۲۰ تن درهکتار کمپوست بود که نسبت به تیمار شاهد، ۱۶۲۵ کیلوگرم افزایش نشان داد. بشارتی و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی تحت عنوان بررسی اثر تیوباسیلوس، گوگرد و فسفر بر شاخص‌های رشد ذرت در برخی از مناطق ایران به این نتیجه رسیدند که اثر گوگرد و فسفر و برهمکنش آن‌ها بر وزن تر و خشک ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود و سطوح گوگرد در مقایسه با شاهد وزن تر و خشک ذرت را افزایش داد و کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با باکتری تیوباسیلوس در مزارع ذرت پیشنهاد کردند.

با توجه به اینکه اصلی‌ترین توجیه برای مصرف گوگرد درخاک‌های کشاورزی ایران، کاهش pH خاک و به دنبال آن رفع اختلال‌های تغذیه‌ای می‌باشد. در این راستا هر گونه بسترسازی در زمینه مصرف گوگرد، در درجه اول مستلزم وجود مستندات علمی جامعی است که به طور متقن نتایج مورد انتظار از مصرف گوگرد را در سطح قابل قبولی از آزمایش‌های مزرعه‌ای اثبات و کلیه ابعاد تحقیقاتی آن به خوبی شفاف شود (بشارتی و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین با توجه به آهکی بودن خاک‌های استان کرمانشاه، خطرات زیست‌محیطی مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و فقدان اطلاعاتی در خصوص اندازه-گیری سولفات قابل جذب قبل از کاشت برای توصیه بهتر کود گوگردی، انجام تحقیقاتی در خصوص نقش گوگرد عنصری در تأمین نیازهای غذایی گندم با توجه به سطح زیرکشت آن (۱۲۰ هزار هکتار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴) ضروری بود. مزارع حتی‌الامکان طوری انتخاب گردیدند که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی یکسانی داشته باشند و فقط مقدار سولفات قابل جذب و تا حدودی مقدار آهک (مواد خنثی شونده) آن‌ها متفاوت باشد، لذا هدف از اجرای این تحقیق، بررسی اثر گوگرد بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های گندم آبی در چهار منطقه از خاک‌های این استان کرمانشاه با سولفات قابل جذب متفاوت بود.

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

## مواد و روش ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ و در چهار منطقه چغانرگس، ایستگاه تحقیقاتی ماهیدشت، نجف‌آباد و قمشه استان کرمانشاه که خاک‌های این مزارع آزمایش از مقادیر مختلف سولفات قابل جذب (۷، ۱۳، ۱۸و ۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) برخوردار بودند بر روی گندم رقم پیشگام اجرا گردید. این پژوهش شامل چهار تیمار گوگرد عنصری (صفر، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار)، در سه تکرار و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. قبل از کاشت یک نمونه خاک مرکب از عمق صفر الی ۳۰ سانتی‌متری از هر چهار مزرعه به‌طور جداگانه برای تعیین ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک تهیه که نتایج تجزیه آن‌ها در جدول یک نشان داده شده است. در نمونه‌های خاک، بافت به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، کربن آلی خاک به روش والکلی و بلک (Walkley and Black, 1934)، pH گل اشباع به‌وسیله الکترود شیشه‌ای (McLean, 1982)، هدایت الکتریکی عصاره اشباع با دستگاه هدایت سنج (Black *et al.*, 1965)، فسفات قابل‌جذب با روش اولسن (Olsen, 1954)، آهن و روی قابل استفاده با عصاره‌گیر DTPA (Lindsay and Norvell, 1978) و با دستگاه جذب اتمی و سولفات با روش منو کلسیم فسفات (Fox *et al.*, 1964b) اندازه‌گیری شد.

**جدول ۱: نتایج تجزیه ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه**

| مکان | pH * | **هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$) | کربنات کلسیم کل | نیتروژن‌کل | کربن-آلی | فسفر | گوگرد | آهن | روی | بافت خاک |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | درصد | | | میلی‌گرم در کیلوگرم | | | | |
| چغانرگس | ۷/۸ | ۰/۵۶ | ۱۶ | ۰/۱۱ | ۱/۱۷ | ۱۳ | ۷ | ۶/۳۰ | ۰/۸ | رسی سیلتی |
| ماهیدشت | ۷/۹ | ۰/۶ | ۲۵ | ۰/۱۱ | ۱/۱۴ | ۹/۶ | ۱۳ | ۷/۳۰ | ۰/۷ | لوم رسی سیلتی |
| نجف‌آباد | ۷/۸ | ۰/۸۵ | ۳۰ | ۰/۱ | ۱/۰۶ | ۱۱ | ۱۸ | ۷/۷ | ۰/۹۲ | لوم رسی سیلتی |
| قمشه | ۷/۹ | ۱ | ۳۵ | ۰/۰۹ | ۰/۹۷ | ۱۵ | ۲۷ | ۷/۵۰ | ۰/۹۵ | رسی سیلتی |

*گل اشباع ( saturated paste) **عصاره گل اشباع (saturated paste extract).

گوگرد به‌صورت پودری بر اساس تیمارهای کودی همراه با باکتری تیوباسیلوس قبل از کاشت کاملاً با خاک مخلوط شد. در این آزمایش به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم کود گوگرد مصرفی، دو کیلوگرم باکتری تیوباسیلوس از گونه *T. neapolitanous* با حامل پرلیت تهیه شده، توسط بخش تحقیقات بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب، استفاده شد. کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفات بر اساس تجزیه خاک و کود حیوانی پوسیده شده به مقدار پنج تن در هکتار به‌طور یکنواخت در تمام تیمارها و ۲۰ روز قبل از کاشت مصرف شدند. هر کرت آزمایشی به مساحت ۱۶ مترمربع شامل ۲۰ خط کاشت به طول چهار متر، که فاصله ردیف‌ها و بذور به‌ترتیب ۲۰ و ۲/۵ سانتی‌متر بود. تاریخ کاشت از ۹۴/۸/۴ الی

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

۹۴/۸/۷ و رقم استفاده شده، پیشگام بود. کشت با دستگاه همدان‌کار و مقدار بذر مصرفی ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. آبیاری در هر چهار مزرعه با استفاده از سیستم آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت) بود. برای مبارزه با علف‌های هرز باریک‌برگ در پائیز در مرحله پنجه زنی از سم تاپیک به مقدار یک لیتر در هکتار و برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ از سم گرانستار به مقدار ۲۵ گرم در هکتار استفاده شد. در زمان رسیدگی کامل به منظور تعیین عملکرد دانه، پس از حذف اثر حاشیه، نه مترمربع برداشت شد. پس از برداشت محصول و محاسبه عملکرد، نمونه‌های دانه کلزا از تیمارهای آزمایشی، برای اندازه‌گیری عناصر غذایی آماده شد که پس از شتشو با آب مقطر، در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد با آون خشک و توسط آسیاب برقی پودر شدند. سپس مقدار ۰/۵ گرم از نمونه آسیاب شده به روش هضم مرطوب روی اجاق الکتریکی در دمای ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی گراد قرار داده و نیتروزن کل به روش کجلدال (Buresh *et al*., 1982)، فسفر به روش طیف سنجی و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر، گوگرد به روش کدورت‌سنجی و با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۲۰ نانومتر، آهن و روی به روش خاکستر کردن خشک و با دستگاه جذب اتمی (Ryan *et al*., 2007) قرائت شدند. برای انجام تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم نمودار به‌ترتیب از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و Excel استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی کاربرد گوگرد، مکان و برهمکنش آن‌ها بر عملکرد دانه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (**P<۰/۰۱**) وجود داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به ترتیب در ماهیدشت و قمشه و با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم درهکتار گوگرد بود (جداول ۲ و ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که عملکرد دانه گندم در منطقه چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد ۵۰۳، ۶۴۷، ۳۱۵ و ۲۴۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول ۴). در نجف آباد و قمشه بین اثر تیمارهای کودی ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری بر عملکرد گندم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که این در نتیجه بالابودن مقدار سولفات قابل جذب و مقدار آهک موجود در خاک در مناطق مورد آزمایش است (جدول ۳). در منطقه ماهیدشت و چغانرگس به علت پایین بودن مقدار سولفات قابل جذب و درصد آهک، گندم پاسخ مثبت‌تری به کاربرد گوگرد نشان داده است. اثر مثبت گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر عملکرد گندم، ناشی از نقش مستقیم عنصر گوگرد در تغذیه گیاه، کاهش موضعی pH خاک و انحلال عناصر تثبیت شده در خاک‌های آهکی و در نهایت افزایش جذب این عناصر توسط گیاه می‌باشد. نتایج مشابهی

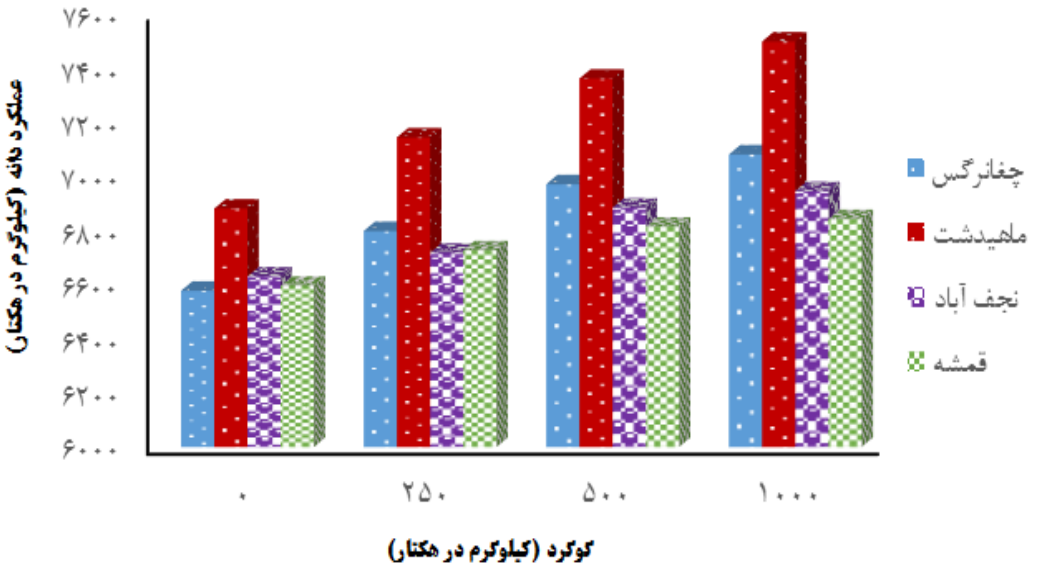
www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

نیز توسط گودرزی (۱۳۹۰)، مومن و همکاران (۱۳۹۰)، چقازردی و همکاران (۱۳۹۲) و جلیلی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش شده است. اثر کاربرد گوگرد در افزایش عملکرد گندم در مناطق مختلف در شکل ۱ نشان داده شده است.




**شکل ۱: اثر گوگرد بر عملکرد دانه گندم آبی**

### وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی کاربرد گوگرد، مکان و برهمکنش آن‌ها بر وزن هزار دانه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (**P<۰/۰۱**) وجود داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه به‌ترتیب در ماهیدشت و قمشه و با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم درهکتار گوگرد بود (جداول ۲ و ۳)، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش وزن هزار دانه گندم در منطقه چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱/۹، ۲/۴، ۱/۶و ۱/۱ گرم بود (جدول ۴). وزن هزار دانه یکی از اجزای عملکرد دانه است و ارتباط مستقیمی با آن دارد (Geheuhou *et al*., 1982). بنابراین هر عاملی که باعث تغییر وزن هزار دانه شود، منجر به تغییر در عملکرد دانه می‌شود. در این میان، افزایش گوگرد، باعث افزایش طول مدت پرشدن دانه، افزایش غلظت ساکارز و در نهایت وزن هزار دانه می‌شود. در مزرعه چغانرگس به علت پایین‌بودن مقدار سولفات قابل جذب و درصد آهک، افزایش وزن هزار دانه نسبت به سایر مناطق بیش‌تر بود. Plaute و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که میزان ماده خشک و وزن هزار دانه، در طی دوره رشد زایشی، با کاربرد گوگرد افزایش یافت. براساس یافته‌های کافی و همکاران (۱۳۸۴)، افزایش سرعت فتوسنتزی برگ در طی دوره پرشدن دانه، منجر به افزایش سرعت رشد و در نهایت وزن هزار دانه می‌شود. نتایج این تحقیق با نتیجه جلیلی و همکاران (۱۳۹۲) نیز هماهنگی داشت که گزارش کردند بالاترین مقدار وزن هزار دانه در گندم، با کاربرد ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بود.

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

**درصد پروتئین**

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی کاربرد گوگرد، برهمکنش گوگرد و مکان بر درصد پروتئین، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (P<۰/۰۱) و اثر مکان بر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد (P<۰/۰۵) وجود داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین وزن هزار دانه به‌ترتیب در ماهیدشت و قمشه و با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد درهکتار بود (جداول ۲ و ۳)، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش درصد پروتئین دانه گندم، در منطقه چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۶، ۷/۳، ۴/۸ و ۳/۲۵ درصد بود (جدول ۴). افزایش درصد پروتئین، ناشی از مشارکت گوگرد در ساختمان اسید آمینه‌های مانند سیستیین و متیونین می‌باشد که باعث افزایش درصد پروتئین می‌شوند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). نتایجی مشابهی توسط جلیلی و همکاران گزارش شده است که بیش‌ترین مقدار درصد پروتئین با کاربرد ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بود. کمبود اسید آمینه‌های گوگرددار مهم‌ترین عامل محدودکننده ارزش بیولوژیکی پروتئین می‌باشد. کاهش میزان پروتئین گیاهان مبتلا به کمبود گوگرد، با ساختن ترجیحی پروتئین‌هایی همبستگی دارد که میزان اسید آمینه‌های میتونین و سیستئین در آن‌ها کم‌تر و میزان دیگر اسید-های آمینه‌ها مانند آرجینین و اسیدآسپارتیک، بیش‌تر است. کم‌تر بودن میزان گوگرد در پروتئین‌ها، بر کیفیت غذایی آن‌ها اثر قابل ملاحظه‌ای می‌گذارد. اسید آمینه سیستئین، اولین ترکیب ارگانیک است که در تولید متابولیت‌های اولیه (پروتئین‌ها، گلوتاتیون‌ها) نقش کلیدی دارد. گلوتاتیون‌ها برای فعالیت مکانیسم‌های دفاعی سلول و مقابله با استرس‌های زنده و غیر زنده، بسیار ضروری می‌باشند (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

**فسفر دانه**

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی کاربرد گوگرد و مکان بر غلظت فسفر در دانه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (P<۰/۰۱) وجود داشت، ولی برهمکنش گوگرد و مکان بر غلظت فسفر در دانه، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت فسفر در دانه به‌ترتیب در ماهیدشت و چغانرگس و با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بود (جدول ۲ و ۳)، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش غلظت فسفر در دانه در منطقه چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۳، ۶/۸۱، ۸/۵۷ و ۱۶ درصد بود (جدول ۵). نتیجه مشابهی توسط مصطفوی راد و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند که کاربرد گوگرد، فراهمی، غلظت و جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف را افزایش می‌دهد. همچنین با نتایج اخوان و فلاح (۱۳۹۲) نیز هماهنگی داشت که گزارش کردند که کاربرد گوگرد با باکتری تیوباسیلوس، مقدار جذب فسفر و وزن خشک گیاه کلزا را به‌ترتیب ۳۳/۴۵ و ۲۶ درصد افزایش یافت. فسفر جزئی از ترکیب ساختمانی مولکول‌های مهم از جمله اسیدهای نوکلئیک، فسفولیپیدها و ATP می‌باشد و در

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

کنترل واکنش‌های آنزیمی و تنظیم مسیرهای متابولیکی شرکت می‌نماید، در نتیجه گیاهان بدون آن نمی‌توانند به رشد خود ادامه دهند. همچنین کمبود فسفر، موجب کاهش فتوسنتز به دلیل کاهش بازیافت ریبولوز بیس فسفات و ATP می‌شود (Jacob and Lawlor, 1992). نتایج این آزمایش نشان داد که که با کاربرد گوگرد، مقدار فسفر در دانه گندم افزایش یافت. وقتی دانه گندم از مقدار فسفر بیش‌تری برخوردار باشد، سبب افزایش رشد ریشه نسبت به اندام‌های هوایی می‌شود و به ایجاد یک سیستم ریشه‌ای قوی کمک و سبب افزایش مقاوت گیاهان، به تنش‌های کم آبی، خشکی و شوری می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۸۶). در این پژوهش، میزان فسفات قابل جذب خاک‌های مورد آزمایش، کم‌تر از حد بحرانی فسفر برای گندم بود. لذا انتظار می‌رفت که مصرف گوگرد در مقایسه با شاهد با کاهش موضعی pH خاک و افزایش حلالیت ترکیبات حاوی فسفر موجود در خاک، سبب افزایش غلظت فسفر در دانه گندم در مناطق مختلف مورد آزمایش شده و در نتیجه عملکرد دانه گندم افزایش یافت. لذا بخشی از پاسخ گیاه به تیمارهای مختلف گوگرد، به پایین بودن فسفات قابل استفاده خاک بر می‌گردد. در تأیید این موضوع، در پژوهشی در یک خاک لوم شنی که مقدار فسفات و سولفات قابل جذب آن کم‌تر از حد بحرانی برای ذرت بود، قبل از کشت گیاه، در چهار تیمار منابع مختلف گوگرد به خاک اضافه شد و موجب افزایش عملکرد ذرت گردید. بدیهی است که اکسایش گوگرد ضمن تأمین سولفات مورد نیاز گیاه، با انحلال و آزاد کردن فسفر موجود در آن، باعث افزایش فسفات قابل جذب در ذرت گردید (Bromfield *et al*,. 1981).

**گوگرد دانه**

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی کاربرد گوگرد و مکان بر غلظت گوگرد در دانه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (**P<۰/۰۱**) وجود داشت، ولی برهمکنش گوگرد و مکان بر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت گوگرد در دانه به ترتیب در ماهیدشت و چغانرگس و با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بود (جداول ۲ و ۳)، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که غلظت گوگرد در دانه گندم در منطقه چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۱/۵۳، ۱۲/۵، ۱۰ و ۱۰ درصد بود (جدول ۵). افزایش غلظت گوگرد در دانه، باعث افزایش مقدار اسید آمینه‌های مانند سیستیین و متیونین می‌شود که در تشکیل پروتئین نقش اساسی دارند. نتایج مشابهی توسط Jackson (۲۰۰۰)، Malhi و همکاران (۲۰۰۷)، Kandil و Gad (۲۰۱۲) و مصطفوی راد و همکاران (۱۳۹۰) گزارش شده است. گوگرد، جزء ساختمان اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین و در نتیجه جزو ساختمان پروتئین‌هاست. هر دوی این اسیدهای آمینه، برای ساخت دیگر ترکیبات دارای گوگرد، مانند کوآنزیم‌ها و فرآورده‌های ثانوی گیاهان لازم هستند. گوگرد جزو ساختمان این ترکیبات ( برای مثال، R-C-S-R2) است و یا به عنوان گروه واکنش کننده (برای مثال، R-SH)، در واکنش‌های سوخت و سازی دخالت مستقیم دارد. در

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

برگ‌های سبز، بیش‌تر پروتئین در درون کلروپلاست‌ها جا دارد، که در آن‌جا مولکول‌های کلروفیل از گروه‌های پروستتیک ترکیبات پیچیده ی پروتئین رنگیزه‌ای تشکیل شده‌اند. به این ترتیب، در گیاهانی که به کمبود گوگرد مبتلا هستند، میزان کلروفیل نیز کاهش می‌یابد که این، یا به علت آسیب سوخت و سازی قند در جاهایی است که تشکیل می‌شود (منبع) و یا به علت در خواست اندک در جاهای مخزن است که باعث جلوگیری از رشد می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).

**آهن دانه**

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی کاربرد گوگرد، مکان و برهمکنشآن‌ها بر غلظت آهن در دانه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (**P<۰/۰۱**) وجود داشت. بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت آهن در دانه به‌ترتیب در ماهیدشت و چغانرگس و با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد بود (جدول ۲ و ۳)، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش غلظت آهن در دانه گندم در منطقه چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۶/۲، ۳/۳، ۲/۳ و ۴/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم دانه بود (جدول ۵). افزایش غلظت آهن در دانه، در چغانرگس بیش‌تر بود که ناشی از پایین بودن مقدار سولفات قابل جذب و درصد کربتات کلسیم خاک است. در اثرکاربرد گوگرد، ریزجانداران اکسیدکننده گوگرد با اکسایش آن به اسید سولفوریک، pH خاک را به‌طور موضعی کاهش داده و حلالیت ترکیبات آهن را افزایش می‌دهند و در نهایت غلظت و جذب بیش‌تر آن، توسط گیاه می‌شود (Deluca *et al*., 1989). نتایج مشابهی توسط McDonald و Mousavvi (۲۰۰۹)، Orman و Huseyin (۲۰۱۲)، جلیلی و همکاران (۱۳۹۲) در گندم و گوهرگانی (۱۳۹۴) در گیاه کلزا گزارش شده است. آهن یکی از اجزای آنزیم‌های اکسیدازی نظیر کاتالاز و پراکسیدازها است که در شرایط کمبود آهن، فعالیت هر دو گونهٔ آنزیم کاهش می‌یابد. این امر، به ویژه درباره فعالیت کاتالاز در برگ‌ها گویاست. بنابراین، فعالیت این آنزیم، معرف مطلوبی از وضعیت غذایی آهن در گیاهان است. آنزیم کاتالاز، تجزیه آب اکسیژنه ($H_2O_2$) را به آب و اکسیژن آسان می‌سازد. این آنزیم در کلروپلاست‌ها در همکاری با آنزیم سوپر اکسید دسموتاز و نیز در تنفس نوری و مسیر گلیکولیز نقش کلیدی بازی می‌کند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۶و ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). گودرزی (۱۳۹۰) گزارش کرد که کاربرد گوگرد در خاک‌های شدیداً آهکی موجب افزایش ۳۹ درصدی غلظت آهن در بافت گندم شد. در صورت مخلوط شدن گوگرد با خاک و اکسید شدن آن نقاط اسیدی به وجود و محیط مناسبی برای انحلال و جذب بیش‌تر و سریع‌تر آهن، روی، مس و منگنز فراهم نماید.

**روی دانه**

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر اصلی کاربرد گوگرد و مکان بر غلظت روی در دانه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد (**P<۰/۰۱**) وجود داشت، ولی برهمکنش آن‌ها، بر غلظت روی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

بیش‌ترین و کم‌ترین غلظت روی در دانه به‌ترتیب در ماهیدشت و چغانرگس و با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بود (جداول ۲ و ۳)، مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که افزایش غلظت روی در دانه گندم در منطقه چغانرگس، ماهیدشت، نجف آباد و قمشه نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۴/۵، ۸، ۴ و ۳/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم دانه بود (جدول ۵). روی در فتوسنتز، تولید پروتئین، ساخته شدن هورمون اکسین (Auxin)، فعال‌سازی آنزیم‌های نیترات رداکتاز، انتقال دهنده فسفات (هگزوکیناز)، تولید نشاسته مؤثر است. کمبود آن پروتئین را کاهش و آمینواسیدهای آزاد و آمیدها را افزایش می‌دهد. با افزایش روی، تولید تریپتوفان و هورمون‌های رشد اکسین (Auxin) و اسید ایندول استیک (IAA) افزایش و کلروفیل بیش‌تری ساخته شده، پیری به تأخیر افتاده و میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد. با افزایش کلروفیل، بازدهی کلروپلاست‌ها در جذب انرژی خورشیدی نیز افزایش می‌یابد. روی در افزایش نفوذپذیری دیواره سلولی نقش داشته و بدین‌ترتیب تحمل گیاه را در برابر تنش‌های زنده (آفات و بیماری‌ها) و غیرزنده (خشکی و دما) افزایش می‌دهد (Marschner,1995; Alloway, 2005). نتایج مشابهی نیز توسط McDonald و Mousavvi (۲۰۰۹)، Orman و Huseyin (۲۰۱۲)، جلیلی و همکاران (۱۳۹۲) در گندم و گوهرگانی (۱۳۹۴) در گیاه کلزا گزارش شده است.

**جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر مقادیر مختلف گوگرد در مکان‌های مختلف بر عملکرد، درصد پروتئین و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد دانه | وزن هزار دانه | نیتروژن | فسفر | گوگرد | آهن | روی | درصد پروتئین |
| مکان | ۳ | ۱۵۹۰۷۸۶/۴۱$^{**}$ | ۲/۵۸۷$^{**}$ | ۰/۰۰۲$^{*}$ | ۰/۰۵۲$^{**}$ | ۰/۰۴۸$^{**}$ | ۲۲۰/۲۲۲$^{**}$ | ۱۸۰/۶۴۴$^{**}$ | ۰/۰۷۴$^{*}$ |
| خطای مکان | ۸ | ۸۰۲۷/۴۳۸ | ۰/۱۴۶ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰۱ | ۴/۶۵۰ | ۵/۳۲۳ | ۰/۰۱۴ |
| گوگرد | ۳ | ۴۱۲۸۶۳/۷۴۳$^{**}$ | ۶/۷۱۲$^{**}$ | ۰/۰۲۶$^{**}$ | ۰/۰۰۳$^{**}$ | ۰/۰۰۲$^{**}$ | ۳۵/۳۴۸$^{**}$ | ۴۶/۳۴۲$^{**}$ | ۰/۸۲۲$^{**}$ |
| برهمکنش گوگرد و مکان | ۹ | ۱۶۵۰۸/۹۶۵$^{**}$ | ۰/۱۴۷$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۰/۰۰$^{ns}$ | ۰/۰۰۱$^{ns}$ | ۲/۶۴۸$^{**}$ | ۳/۹۰۲$^{ns}$ | ۰/۰۲۶$^{**}$ |
| خطای کل | ۲۴ | ۱۳۶۱/۳۲۶ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۰۱ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰۱ | ۰/۵۰۴ | ۲/۳۶۵ | ۰/۰۰۳ |
| ضریب تغییرات | | ۸/۱ | ۷/۶ | ۳/۵ | ۳/۵۱ | ۴/۰۴ | ۴/۲۱ | ۵/۱۴ | ۴/۵ |

**معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، ns : عدم وجود اختلاف معنی‌دار.

**جدول۳: نتایج تجزیه مرکب مکان و تیمار (گوگرد) بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم**

| منابع تغییرات | | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | وزن هزار دانه (گرم) | نیتروژن (درصد) | فسفر (درصد) | گوگرد (درصد) | آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم) | روی (میلی‌گرم در کیلوگرم) | پروتئین (درصد) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| مکان | چغانرگس | ۶۸۵۶b | ۳۹/۴۵ b | ۲/۱۷ ab | ۰/۳۱ c | ۰/۲۸ b | ۶۰/۷ b | ۲۶/۷۱ c | ۱۲/۳۶ a |
| | ماهیدشت | ۷۵۲۰ a | ۳۹/۶۶ b | ۲/۱۸ a | ۰/۴۶ a | ۰/۴۳ a | ۶۴/۵ a | ۳۴/۹۲ a | ۱۲/۴۲ a |
| | نجف آباد | ۶۷۹۴ b | ۳۹/۲۱ b | ۲/۱۷ ab | ۰/۳۷ b | ۰/۳۲ b | ۵۵/۴ c | ۳۱ b | ۱۲/۳۵ a |
| | قمشه | ۶۷۴۳ b | ۴۰/۲۹ a | ۲/۱۵ b | ۰/۳۳ bc | ۰/۳۱ b | ۵۵/۴ c | ۲۷ c | ۱۲/۳۲ b |
| گوگرد | ۰ | ۶۷۴۵ d | ۳۸/۷۸ d | ۲/۱۱ c | ۰/۳۵ b | ۰/۳۲ b | ۵۶/۹ c | ۲۷/۳۸ c | ۱۲/۰۳ d |
| | ۲۵۰ | ۶۹۲۱ c | ۳۹/۳۸ c | ۲/۱۵ b | ۰/۳۷ ab | ۰/۳۴ ab | ۵۸/۲ b | ۲۸/۴۰ b | ۱۲/۲۵ c |
| | ۵۰۰ | ۷۰۸۱ b | ۳۹/۹۲ b | ۲/۱۸ ab | ۰/۳۸ a | ۰/۳۴ ab | ۵۹/۱ a | ۳۱ ab | ۱۲/۴۴ b |
| | ۱۰۰۰ | ۷۱۶۶ a | ۴۰/۵۳ a | ۲/۲۰ a | ۰/۳۸ a | ۰/۳۵ a | ۶۰ a | ۳۲ c | ۱۲/۶۴ a |

* حروف مشابه در هر ستون در چغانرگس و ماهیدشت بین تیمارهای کودی نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و در نجف آباد و قمشه در سطح احتمال پنج درصد.

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

**جدول ۴: نتایج تجزیه مرکب مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف گوگرد در مکان‌های مختلف بر عملکرد و برخی ویژگی های کیفی گندم**

| مکان | گوگرد (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | وزن هزار دانه (گرم) | پروتئین (درصد) |
|---|---|---|---|---|
| چغا نرگس | ۰ | ۶۵۷۷ j | ۳۸/۴۷ i | ۱۱/۹۹ h |
| | ۲۵۰ | ۶۷۹۷ ghi | ۳۹/۲۰ g | ۱۲/۲۸ ef |
| | ۵۰۰ | ۶۹۷۰f | ۳۹/۷۷ ef | ۱۲/۴۶ cd |
| | ۱۰۰۰ | ۷۰۸۰ e | ۴۰/۳۷ bc | ۱۲/۷۱ b |
| ماهیدشت | ۰ | ۶۸۸۰ d | ۳۸/۵ i | ۱۲/۰۵ gh |
| | ۲۵۰ | ۷۱۴۳ c | ۳۹/۲ g | ۱۲/۲۶ ef |
| | ۵۰۰ | ۷۳۶۰ b | ۴۰ de | ۱۲/۴۸ cd |
| | ۱۰۰۰ | ۷۴۹۷ a | ۴۰/۹ a | ۱۲/۸۸ a |
| نجف آباد | ۰ | ۶۶۳۰ j | ۳۸/۵ i | ۱۲/۰۶ gh |
| | ۲۵۰ | ۶۷۱۷ i | ۳۸/۹h | ۱۲/۲۹ ef |
| | ۵۰۰ | ۶۸۸۴ fg | ۳۹/۴ g | ۱۲/۴۶ cd |
| | ۱۰۰۰ | ۶۹۴۵ f | ۴۰/۱ d | ۱۲/۵۸ c |
| قمشه | ۰ | ۶۵۹۵ j | ۳۹/۷ f | ۱۲ h |
| | ۲۵۰ | ۶۷۲۶ hi | ۴۰/۲ cd | ۱۲/۲ fg |
| | ۵۰۰ | ۶۸۱۳ gh | ۴۰/۵ b | ۱۲/۳۵ de |
| | ۱۰۰۰ | ۶۸۴۱ g | ۴۰/۸ a | ۱۲/۳۹ de |

* حروف مشابه در هر ستون در چغانرگس و ماهیدشت بین تیمارهای کودی نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و در نجف آباد و قمشه در سطح احتمال پنج درصد.

**جدول ۵: نتایج تجزیه مرکب مقایسه میانگین اثر مقادیر مختلف گوگرد در مکان‌های مختلف بر غلظت عناصر غذایی دانه گندم**

| مکان | گوگرد (کیلوگرم در هکتار) | نیتروژن | فسفر | گوگرد | آهن | روی |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | درصد | | | میلی‌گرم در کیلوگرم | |
| چغا نرگس | ۰ | ۲/۱۰ b | ۰/۲۹ e | ۰/۲۶ c | ۵۶/۵ de | ۲۴/۵ g |
| | ۲۵۰ | ۲/۱۵ ab | ۰/۳۲ de | ۰/۲۹ bc | ۵۹/۶ c | ۲۷ efg |
| | ۵۰۰ | ۲/۱۹ ab | ۰/۳۲ cde | ۰/۲۹ bc | ۶۱/۹ b | ۲۸ def |
| | ۱۰۰۰ | ۲/۲۳ a | ۰/۳۳ bcde | ۰/۲۸ bc | ۶۲/۷ b | ۲۷/۳ efg |
| ماهیدشت | ۰ | ۲/۱۱ c | ۰/۴۴ a | ۰/۴۰ a | ۶۲ b | ۳۰/۵ cd |
| | ۲۵۰ | ۲/۱۵ bc | ۰/۴۷ a | ۰/۴۳ a | ۶۴/۸ a | ۳۳/۸ b |
| | ۵۰۰ | ۲/۱۹ b | ۰/۴۷ a | ۰/۴۳ a | ۶۵/۳ a | ۳۶/۸ a |
| | ۱۰۰۰ | ۲/۲۶ a | ۰/۴۶ a | ۰/۴۵ a | ۶۴/۵ a | ۳۸/۵ a |
| نجف آباد | ۰ | ۲/۱۲ b | ۰/۳۵ bcde | ۰/۳۰ bc | ۵۴ gh | ۲۹ de |
| | ۲۵۰ | ۲/۱۶ ab | ۰/۳۷ bcd | ۰/۳۲ bc | ۵۵ efg | ۳۰/۳ cd |
| | ۵۰۰ | ۲/۱۹ a | ۰/۳۷ bc | ۰/۳۲ bc | ۵۶ def | ۳۲ bc |
| | ۱۰۰۰ | ۲/۲۱ a | ۰/۳۸ b | ۰/۳۳ b | ۵۶/۳ def | ۳۳ bc |
| قمشه | ۰ | ۲/۱ b | ۰/۳۱ de | ۰/ ۳۰bc | ۵۳ h | ۲۵/۵ fg |
| | ۲۵۰ | ۲/۱۴ ab | ۰/۳۲ bcde | ۰/۳۱ bc | ۵۵ fgh | ۲۶/ ۶ efg |
| | ۵۰۰ | ۲/۱۷ a | ۰/۳۴ bcde | ۰/۳۲ bc | ۵۶ def | ۲۷/۷ def |
| | ۱۰۰۰ | ۲/۱۷ a | ۰/۳۶ bcd | ۰/۳۳ b | ۵۷/۳d | ۲۸/۲ def |

* حروف مشابه در هر ستون در چغانرگس و ماهیدشت بین تیمارهای کودی نشانه عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و در نجف آباد و قمشه در سطح احتمال پنج درصد.

به‌طور کلی نتایج این پژوهش در مناطق مختلف نشان داد که افزایش عملکرد، درصد پروتئین و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم با مصرف گوگرد در نتیجه افزایش حلالیت عناصر غذایی در خاک می باشد که ناشی از کاهش موضعی pH

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

خاک در نتیجه اکسیداسیون گوگرد و تولید اسیدسولفوریک به‌وسیله ریزجانداران خاک است. افزایش غلظت عناصر غذایی در دانه، سبب افزایش سرعت جوانه زنی، تحمل گیاهان به تنش‌های خشکی و کم آبی، سرما و شوری می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷). در این تحقیق مشاهده شد که کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، بیش‌ترین اثر را بر عملکرد و غلظت عناصر غذایی در دانه گندم داشت. اما در بیش‌تر مکان‌های آزمایشی به خصوص مناطقی که خاک آن‌ها از سولفات قابل جذب بیش‌تری برخوردار بودند (مانند نجف آباد و قمشه)، تفاوت معنی‌داری بین کاربرد ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار وجود نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفتند که با نتایج Erdem و همکاران (۲۰۱۶)، بابایی و همکاران (۱۳۹۱) و بشارتی و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت داشت. در این تحقیق مشخص شد در خاک چغانرگس که دارای درصد آهک و سولفات قابل جذب کمتر و درصد کربن آلی بیش‌تر در مقایسه با خاک قمشه می‌باشد، اثر کاربرد گوگرد بر عملکرد و سایر ویژگی‌های کیفی اندازه‌گیری شده در گندم بیش‌تر بود. این برخلاف آنچه مرسوم است که با افزایش درصد آهک خاک، نیاز به کاربرد گوگرد بیش‌تری می‌باشد (بشارتی و همکاران، ۱۳۹۵). در مصرف این نوع کود، نباید فقط به آهکی بودن خاک اکتفا و نسبت به مصرف بی رویه آن اقدام کرد. کاربرد بهینه گوگرد در خاک‌های آهکی، باعث افزایش حلالیت عناصر غذایی در خاک و جذب آن توسط گیاه می‌شود که نتایج این تحقیق آن را اثبات می نماید. ولی مصرف بیش از اندازه گوگرد با تبدیل مقدار زیادی از کربنات کلسیم خاک به گچ، باعث افزایش شوری خاک و غلظت بالای یون کلسیم در محلول خاک می‌شود. غلظت بالای یون کلسیم در محلول خاک علاه بر کاهش غلظت فسفر قابل جذب خاک (با تبدیل یون‌های فسفات به‌صورت فسفات‌های مختلف کلسیم)، سبب افزایش غلظت بعضی از عناصر کم‌مصرف تا سر حد مسمومیت برای گیاه و نهایتاً کاهش عملکرد می‌شود (بابایی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین Cakmak و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که مصرف بیش از حد گوگرد، باعث کاهش مقدار نیتروژن و عملکرد دانه گندم می‌شود و ممکن است باعث بهم خوردن و غیرمتعادل شدن نسبت نیتروژن به گوگرد در دانه گندم شود. بنابراین نتیجه این آزمایش نشان داد که درصد کربنات کلسیم، تنها معیار مناسبی برای کاربرد گوگرد در خاک‌های آهکی نمی‌باشد، بلکه باید ویژگی‌های دیگر خاک نیز مانند مقدار سولفات قابل جذب، هدایت الکتریکی و کربن آلی خاک برای توصیه گوگرد در نظر گرفت که با نتایج Erdem و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت داشت.

**نتیجه گیری**

نتایج نشان داد که در تمامی مزارع مورد آزمایش، کاربرد گوگرد بر افزایش عملکرد، غلظت عناصر غذایی و درصد پروتئین در دانه گندم، مؤثر بود و این بیانگر پتانسیل خوب گوگرد برای کاربرد در بخش کشاورزی و افزایش عملکرد می‌باشد. در این تحقیق مشخص شد که خاکی که مقدار سولفات قابل جذب و درصد آهک آن پایین بود (مثلاً چغانرگس در

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

مقایسه با قمشه)، با مصرف گوگرد عنصری همراه با باکتری تیوباسیلوس، مقدار افزایش عملکرد و مقدار صفات اندازه‌گیری شده در آن بیش‌تر بود. بنابراین ضروری است، به‌منظور مدیریت مصرف بهینه گوگرد و رعایت جنبه‌های اقتصادی، قبل از کاشت محصولات زراعی مقدار سولفات قابل جذب خاک اندازه‌گیری و صرفاً نبایستی برای کاربرد گوگرد، فقط به آهکی بودن خاک‌ها اکتفا کرد. با توجه به نتایج به‌دست آمده این تحقیق، مصرف ۵۰۰-۲۵۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با باکتری تیوباسیلوس برای مناطقی که مقدار سولفات قابل جذب خاک آن‌ها پایین می‌باشد، پیشنهاد می‌شود. همچنین ضروری است، نسبت به تعیین حد بحرانی گوگرد و تحقیقاتی درباره اثر باقی مانده آن در خاک و اثر آن روی محصولات زراعی صورت گیرد تا مدت زمان کاربرد هر چند سال یک بار آن نیز مشخص شود.

**منابع**

**احمدی، ع.، احسان زاده، پ.، جباری، ف. ۱۳۸۶.** مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهی. جلد اول. چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ایران. ۶۵۳ ص.

**اخوان، ز.، فلاح نصرت آباد، ع، ر. ۱۳۹۲.** اثر گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر pH خاک، وزن خشک و قابلیت جذب فسفر در کلزا، نشریه مدیریت خاک وتولید پایدار. جلد ۳ شماره ۱، ص ۱-۱۲.

**بابایی، پ.، گلچین، ا.، بشارتی، ح.، افضلی، ح. ۱۳۹۱.** اثر کود میکروبی گوگرد بر جذب عناصر غذایی و عملکرد سویا در مزرعه. مجله پژوهش خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۶ شماره ۲، ص ۱۴۶-۱۵۲.

**بشارتی، ح.، خسروی، ه.، مستشاری، م.، کامران میرزاشاهی، ک.، قادری، ج.، 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. جلد ۴ شماره ۱، ص ۱۱۲-۱۰۳.

**جلیلی، ف.، نصر الله زاده، ع.، ولی‌لو، ر. ۱۳۹۲.** اثر گوگرد و کود دامی بر عملکرد و پروتئین گندم زرین. مجله پژوهش درعلوم زراعی. جلد ۱۸، ص ۷۱-۸۴.

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

**کافی، م.، جعفر نژاد، آ.،احمدی، م. ۱۳۸۴.** گندم (اکولوژی، فیزیولوژی و تعیین عملکرد)، دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۷۸ ص.

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

**عمارلو، ع.، کاظمی تبار، ک.، نجفی زرینی ،ح.، ابراهیمی، ا. ۱۳۹۴**. مطالعه تغییرات بیان ژن سوپراکسید دبسموتاز در غلظت‌های مختلف گوگرد در گیاه سیر. زیست فناوری گیاهان دارویی. جلد ۲، ص ۵۶-۷۲.

**گودرزی، ک. ۱۳۸۳ .** بررسی اثرات گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد گندم. روش‌های نوین تغذیه گندم . مجموعه مقالات. دفتر طرح خودکفایی گندم-وزارت جهاد کشاورزی .تهران، ایران.

**گوهرگانی، ج. ۱۳۹۴**. مدیریت مصرف گوگرد بر قابلیت جذب عناصر کم مصرف در خاک و دانه گندم در یک خاک آهکی. نشریه علمی و پژوهشی زیست شناسی خاک. انتشارات موسسه تحقیقات خاک وآب. جلد ۴ شماره ۳، ص ۷۳-۸۲.

**مصطفوی راد، م.، طهماسبی سروستانی، ز.، مدرس ثانوی، س. ع. م.، قلاوند، ا. ۱۳۹۰**. ارزیابی عملکرد، ترکیب اسیدهای چرب و میزان عناصر ریزمغذی بذر در ارقام پر محصول کلزا تحت تأثیر مقادیر مختلف گوگرد. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۴ شماره ۱، ص ۴۳-۶۰.

**ملکوتی، م .ج.، کشاورز، پ.، کریمیان، ن. ۱۳۸۷**. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۵۵۰ ص.

**مومن، ا.، پازوکی، ا.، ممیزی، ح. ر. ۱۳۹۲**. اثر گوگرد گرانوله و کمپوست بر ویژگی‌های گندم بم منطقه سمنان. فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی. جلد ۳ شماره ۹، ص ۳۵-۴۶.

**Alloway, B. J. 2004.** Zinc in soils and crops nutrition. Intonation Zinc Association (IZA0, Brussels, Belgium), pp. 127.

**Ansori, A. and Gholami, A. 2015**. Improved nutrient uptake and growth of maize in response to inoculation with *Thiobacillus* and *Mycorrhiza* on an alkaline soil. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 46 (17): 2111-2126.

**Bromfield, A. R., Hancock, I. R. and Debenhm, D. F. 1981.** Effect of ground rock phosphate and elemental S on yield and P uptake of maize in western Kenya. Experimental Agriculture, 17: 383-387.

**Bouyoucos, G. J**. **1962.** Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agronomy Journal, 54(5): 464-465.

**Black, C. A., Evans D. D. and Dinauer, R. C. 1965.** Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 653-708.

**Cakmak, D., Blagojevic, S., Stevanovic, D., Jakovljevic, M. and Mrvic, V**. **2009.** Effect of sulfur fertilization on wheat yield and on nutrient grain content on chernozem in Serbia. Agrochimica, 53: 92-100.

www.SID.ir

Archive of SID



Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

**Deluca, T. H., Skogley, E. O. and Engle, R. E. 1989.** Band-application elemental sulfur to enhance the phytoavailability of phosphorus in alkaline calcareous soils. Biology and Fertility of Soils, 7(4): 346-350.

**Erdale, I. and Tarakçıolu, C. 2000.** Effect of different organic materials on growth and mineral composition of corn plant (*Zea mays* L.). Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture. Journal of Agricultural Science, 15(2): 80-85.

**Erdem, H., Torun, M. B., Erdem, N., Yazıcı, A., Tolay, I., Gunal, E. and Özkutlu, 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.

**Fox, R. L., Alson, R. A. and Rhoades, H. F. 1964.** Evaluating the sulfur status of soils by plants and soil tests. Soil Science Society of American, Proceedings, 21: 287-292.

**Hadji Sfaxi, I., Ezzine, A., Coquet, L., Cosette, P. and Jouenne, T. 2012.** Combined proteomic and molecular approaches for cloning and characterization of copper–zinc superoxide dismutase (Cu, Zn-SOD2) from Garlic, *Allium sativum*. Molecular Biotechnology, 52: 49– 58.

**Jackson, G. D. 2000.** Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy Journal, 92: 644-649.

**Geheyhou, G., Knott, D. R. and Baker, R. 1982.** Rate and duration of filling in durum wheat cultivars. Crop Science, 22: 337- 340.

**Karimizarchi, M., Aminuddin, H., Khanif, M. Y. and Radziah, O. 2014a.** 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.

**Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. 1978.** Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.

**Jacob, J. and Lawlor, D. W. 1992.** Dependence of photosynthesis of sunflower and maize on phosphate supply, ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/ oxygenase activity, and ribulose-1,5-biphosphate pool size. Plant Physiology. 98:801–807**.**

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

**McDonald, G. K. and Mousavvi Nik, M. 2009.** Increasing the supply of sulfur increases the grain zinc concentration in bread and durum wheat. UC Davis: The Proceedings of the international Plant Nutrition Colloquium XVI. Retrieved: http://escholarship.org/uc/item/43k2r1h8.

**Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. 2nd (eds) Academic Press. New York

www.SID.ir

Archive of SID



**McLean, E**. **1982.** Soil pH and lime requirement. Methods of Soil Analysis- Part2. Chemical and Microbiological properties. Agronomy Monograph, 9.2, pp. 199-224.

**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.

**Olsen, S. R., Cole C. V., Watanabe, F. S. and Dean, L. A. 1954.** Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Department of Agriculture Circular, pp: 939.

**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.

**Plaut, Z., Butow, B. J., Blumenthal, C. W. and Wrighey, C. W. 2004.** Transport of dry matter in to developing wheat kernel. Field Crop Research, 96: 185- 196.

**Ryan, J., Estefan, G. and Rashid, A**. **2007.** Soil and Plant Analysis Laboratory Manual, Icarda, 172p.

**Scherer, H.W. 2001.** Sulfur in crop production: invited paper. European Journal of Agronomy, 14:81-111.

**Walkley, A. and Black I. A**. **1934.** An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science, 37(1): 29-38.

Downloaded from cpj.iauahvaz.ac.ir at 17:32 +0330 on Saturday November 25th 2017

www.SID.ir