# بررسی تاثیر گوگرد و فسفر برعملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم

سعید سلیم پور [۱]، کاظم خاوازی [۲] و هادی اسدی رحمانی [۲]
۱-عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد، ۲- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب ۲- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات خاک و آب

**چکیده:**
با توجه به اهمیت مصرف متعادل و بهینه کودهای فسفر ه و استفاده از فسفر باقیمانده و تثبیت شده در خاک و به منظور بررسی تاثیر گوگرد بر جذب گیاه و خصوصیات اصلاحی خاک و میزان جذب عناصر غذایی بخصوص فسفر خاک توسط گیاه گندم، تحقیقی در قالب آزمایش فاکتوریل در طرح بلوکه ای کامل تصادفی با ۴ سطح گوگرد و ۳ سطح فسفر جمعاً ۱۲ تیمار در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول به مورد اجرا قرار گرفت. نتایج این تحقیق حاکی از تاثیر مثبت گوگرد و فسفر در عملکرد محصول گندم و تاثیر متقابل کودهای گوگردی و فسفری بر افزایش فسفر قابل جذب و عناصر غذایی گیاه از جمله آهن و روی در گندم می باشد. همچنین با مصرف گوگرد تغییر قابل ملاحظه ای بر میزان شوری و pH خاک مشاهده نگردید.

واژه های کلیدی: خاک، گوگرد، فسفر، گندم، اسیدیته

**مقدمه:**
فسفر و گوگرد در میان عناصر غذایی جزء مهم ترین عناصر برای رشد و تولید عملکرد گیاه می باشند. تنها ۱تا ۵/۲ درصد از فسفر در خاک می تواند توسط گیاهان جذب شود و بسیاری از منابع فسفر خاک یا نامحلول هستند و یا تبدیل به ترکیبات نامحلول می شوند(چن و همکاران، ۲۰۰۸). علاوه بر این مقادیر ناکافی از فسفر می تواند رشد گیاه از جمله رشد ریشه را محدود کند(کاناکو و همکاران، ۲۰۰۴؛ میر انصاری و همکاران، ۲۰۰۷). استفاده از کود فسفر بیش از حد برای گیاهان، نه مقرون به صرفه است و نه از نظر سازگاری با محیط زیست توصیه می شود ( دل کامپیلو و همکاران، ۱۹۹۹). گوگرد یک عنصر اصلی برای گیاهان و میکروارگانیسم ها است که چنانچه با باکتری های اکسید کننده سولفور توأم شود می تواند pH خاک را کاهش دهد. در نتیجه اکسیداسیون گوگرد و کاهش pH خاک در خاکهای آهکی، حلالیت عناصر غذایی از جمله فسفر افزایش می یابد(میر انصاری و اسمیت، ۲۰۰۷؛ سلیم پور و همکاران، ۲۰۱۰). امروزه به دلایلی چون افزایش برداشت گوگرد از خاك بدلیل استفاده از واریته‌های با عملکرد بالا، کاهش مصرف گوگرد، نیاز بالای گیاهان روغنی کمبود این عنصر روز به روز در جهان افزایش یافته است(تاندون ۱۹۹۵). مشکل عمده‌ای که بعد از مصرف گوگرد کشاورزی به خاکهای زراعی مطرح می‌گردد اکسیداسیون گوگرد و تبدیل‌آن به سولفات می‌باشد. این امر با کمك باکتریهای تیوباسیلوس که در شرایط هوازی در خاك زندگی می‌کنند امکان پذیر است. گوگرد، به دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسید سولفوریك، می تواند پتانسیل لازم برای کاهش pH خاك را در منطقه کوچکی از فضای ریزو سفر، و انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری موثر را واقع شود (بشارتی و همکاران ۱۳۷۸، عبادی ۱۳۶۵). اثرات مفید کاربرد گوگرد در خاکهای زیر کشت، مانند افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی توسط محققین بسیاری اثبات شده است( روزا و همکاران ۱۹۸۹، سی لوکانته و لیندمان ۱۹۹۳، کاپلان و آرمان ۱۹۹۸). کلباسی و همکاران (۱۹۸۸) گزارش کرده اند اثر گوگرد را بر عملکرد محصول و مقدار جذب آهن، منگنز و روی توسط ذرت سورگوم و سویا، مورد مطالعه قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که ضمن افزایش معنی‌دار عملکرد محصول، pH خاك کاهش و مقدار آهن، منگنز و روی قابل جذب خاك افزایش یافت. همچنین مقدار جذب آهن و روی توسط گیاه افزایش و مقدار جذب منگنز کاهش یافت

**مواد و روشها:**
به منظوربررسی تاثیر گوگرد و مایه تلقیح باکتریهای اکسید کننده گوگرد(تیوباسیلوس) و فسفر بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم تحقیقی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مؤرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول اجراء گردید. تیمارهای طرح شامل مصرف گوگرد به همراه باکتریهای اکسید کننده گوگرد در ۴ سطح: ۱-شاهدبدون مصرف گوگرد(S۰)، ۲- مصرف گوگرد به میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتارتوأم با مصرف تیوباسیلوس به میزان ۱۰ کیلو گرم در هکتار(S۱)، ۳-مصرف گوگرد به میزان ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتارتوأم با مصرف تیوباسیلوس به میزان ۲۰ کیلو گرم در هکتار( S۲) و ۴-مصرف گوگرد به میزان ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتارتوأم با مصرف تیوباسیلوس به میزان ۴۰ کیلو گرم در هکتار(S۳) و فاکتور مصرف کود سوپر فسفات تریپل در ۳ سطح: ۱-شاهد بدون مصرف کود سوپر فسفات تریپل (P۰)، ۲-مصرف کود سوپر فسفات تریپل بر اساس آزمون خاک(P۱) و ۳- مصرف کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۶۵ درصد مقدار تیمار قبل(P۲)، جمعاً ۱۲ تیمار می باشند. بر این اساس و با توجه به مقدار فسفر خاک محل آزمایش (جدول ۱)، کود سوپر فسفات تریپل توصیه شده بر اساس آزمون خاک ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار محاسبه شد. جهت اجرای این تحقیق، مزرعه آزمایشی به گونه ای انتخاب شد که فسفر خاک آن زیر

حد بحرانی باشد(بلالی و همکاران ۱۳۷۹). قبل از اعمال تیمارهای آزمایشی نمونه خاک مرکب تهیه و خصوصیات فیزیکو شیمیایی آن در آزمایشگاه خاک تعیین گردید.(جدول ۱)

**جدول۱: خصوصیات فیزیکوشیمیائی خاك قبل از اعمال تیمارهای آزمایشی**

| Ec ds/m | PH | درصد o.c | درصد T.N.V | میلی گرم در کیلوگرم | | | | بافت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | P | K | Fe | Zn | |
| ۵/۱ | ۷/۷ | ۸/۰ | ۴۴ | ۸ | ۱۵۰ | ۱۲ | ۲/۱ | کلی لوم با ۳۱ درصد رس |

سپس تیمارهای آزمایش در کرت هایی به مساحت ۳۰ متر مربع شامل ۴ پشته کاشت به فاصله ۷۵ سانتیمتر، طول کرت ۱۰ متر و عرض کرت ۳ متر، در ۳ تکرار و فواصل ۵ متری بین تکرارها اجراء گردید. تیمارهای گوگرد از منبع گوگرد گرانوله تولیدی پژوهشگاه نفت و تیمارهای فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل مصرف شد. در تیمارهای گوگردی، ابتدا گوگرد با باکتری تیوباسیلوس به خوبی مخلوط و سپس به همراه تیمارهای کودی سوپر فسفات تریپل به کرت ها ی مورد نظ ر اضافه شدند. در تمامی کرت ها بط ور یکنواخت و یکسان کود اوره برمبنای توصیه ۳۰۰ کیلو گرم در هکتار برای گندم در سه نوبت ۳/۱ زمان کاشت، ۳/۱ زمان پنجه زنی و ۳/۱ زمان ساقه رفتن مصرف شد. پس از توزیع کلیه کودها در کرتها و احداث جوی و پشته ۷۵ سانتی متری، روی هر پشته، ۳ خط کاشت بذر گندم رقم چمران با دستگاه پلانتر آزمایشی مخصوص غلات کشت و بلافاصله آبیاری توسط سیفون انجام شد. در زمان داشت پارامترهای مورد نیاز، نظیر تاریخ سبز شدن، ساقه رفتن، تعداد پنجه، تعداد خوشه، طول خوشه و سایر یادداشت برداریها ثبت گردید. قبل از گرده افشانی از برگ های پرچم نمونه برگ تهیه و عناصر غذایی شامل فسفر، روی و آهن اندازه گیری شد. زمان برداشت از دو پشته وسط و با حذف یک متر از ابتدا و انتها، گندم برداشت و پارامترهای عملکرد دانه و کاه و وزن هزار دانه اندازه گیری و کلیه نتایج پس از ثبت، توسط نرم افزار های آماری MSTATC و Excell تجزیه و تحلیل شدند.

**نتایج و بحث:**

**اثر متقابل گوگرد و فسفر بر عملکرد محصول :**

اثر متقابل تیمارهای گوگرد و فسفر بر عملکرد دانه و کاه گندم و همچنین بر عناصر غذایی گیاه از جمله گوگرد، فسفر و آهن برگ گندم تفاوت معنی داری آماری را نشان داد(جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس فاکتور گوگرد نشان داد که با افزایش سطوح گوگرد(صفر تا ۲۰۰۰ کیلو گرم در هکتار) و سطوح فسفر (سطح ۶۰ درصد توصیه بر اساس آزمون خاک) محصول گندم افزایش می یابد.

**جدول۳: نتایج تجزیه واریانس صفات مورد آزمایش گوگرد و فسفر در گندم**

| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات (MS) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | عملکرد محصول | عملکرد کاه | وزن هزار دانه | گوگرد برگ | فسفر برگ | آهن برگ | روی برگ |
| تکرار | ۲ | ۷۷/۱۳۶۸۲۱ ns | ۷۷/۲۸۱۰۸۵ ns | ۳۱۵/۴ ns | ۳۰۶/۰** | ۹۲/۱۱ ns | ۰۸۳/۳۵۲ * | ۵۷/۱۹ ns |
| فاکتور گوگرد | ۳ | ۷۶/۴۶۷۳۵۶** | ۴۰/۱۴۵۸۶۱۱ ** | ۶۲/۰** | ۰۵۸/۰ ns | ۹۵/۳** | ۵۵/۲۰۵۵ ** | ۴۴/۴۲ ns |
| فاکتور فسفر | ۲ | ۳۶/۲۵۱۵۵۶۷ ** | ۴۴/۳۳۴۶۱۸۸ ** | ۷۰۵/۲ ns | ۰۲۱/۰ ns | ۱۳/۱۹** | ۵۸/۱۲۶۴ ** | ۲۱/۳۲ ns |
| گوگرد در فسفر | ۶ | ۶۵/۸۷۲۶۲۷** | ۴۰/۱۱۸۷۸۷۱ ** | ۶۸۸/۰ ns | ۱۳۸/۰* | ۶۶/۳** | ۹۱/۳۳۲۲ ** | ۶۸/۳۹ ns |
| خطا | ۲۲ | ۱۷/۲۶۹۸۰ | ۸۹/۷۴۵۳۷ | ۴۴۸/۰ | ۰۳۸/۰ | ۵۶/۳ | ۵۶/۱۰۰ | ۷۲/۸ |
| ضریب تغییرات | | ۵۷/۳ | ۴۶/۵ | ۱۶/۱ | ۳۲/۱۸ | ۹۴/۶ | ۶۹/۶ | ۰۳/۱۳ |

**%غیر معنی دار *: معنی دار در سطح ۵% **: معنی دار در سطح ۱:: ns**

بیشترین عملکرد محصول دانه و کاه گندم به ترتیب با ۵۶۱۵ و ۶۰۲۷ از اثر متقابل گوگرد و فسفر با مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد و ۶۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل (S2P2) حاصل گردید(جدول ۲). نتایج مشاهدات در مزرعه نشان داد که با مصرف بیشتر

گوگرد( تیمار ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) در برگ های اولیه گندم در مرحله پنجه زنی، سوختگی برگ در حد کمی قابل مشاهده است. لذا توصیه مصرف گوگرد در مزارع گندم کمتر از ۲۰۰۰ کیلوگرم مورد نظر است. این توصیه با نتایج بدست آمده در تیمار ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد مطابقت دارد.

هر چند که با مصرف بیشتر گوگرد در تیمار ۲۰۰۰ کیلو گرم در هکتار، میزان گوگرد برگ پرچم در گیاه گندم(با ۴۵/۱ درصد) افزایش یافت ولی مقادیر متعادل گوگرد و فسفر و آهن برگ پرچم به ترتیب با ۱/۱ درصد و ۳۱/۰ درصد و ۱۸۵ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار ۱۰۰۰ کیلوگرم و ۶۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل مشاهده گردید(جدول ۲).

**اثر متقابل گوگرد و فسفر بر خصوصیات شیمیایی خاک:**

نتایج آنالیز نمونه های خاک قبل از کاشت تا زمان برداشت( بعد از اعمال تیمارهای آزمایش) محصول حاکی از افزایش فسفر قابل جذب خاک ازحدود ۴ میلی گرم در کیلوگرم به ۷ میلی گرم در کیلو گرم می باشد که ببشترین مقدار فسفر قابل جذب خاک در تیمار S2P2 با مصرف ۱۰۰۰کیلوگرم گوگرد مشاهده گردید. هر چند که با مصرف گوگرد میزان pH خاک روند کاهشی را نشان داد ولی برای سایر عناصر خصوصیات شامل شوری، pH، کربن آلی و آهن و روی خاک تاثیر قابل ملاحظه ای مشاهده نشد. همچنین با مصرف کود گوگرد، درصد فسفر برگ از ۲۴/۰ درصد به ۳۱/۰ درصد افزایش یافت. استفاده از ترکیبات گوگردی خصوصاً کودهای گوگردی پالایشگاهی تولید داخل علاوه بر کاهش اثرات زیست محیطی ناشی از تجمع آنها در مناطق نفت خیز، در اصلاح خاکهای آهکی موثر می باشند. علاوه بر این با مصرف گوگرد در خاکهای آهکی می توان در مصرف کودهای فسفری صرفه جویی نمود و امکان جایگزینی بخشی از فسفر تثبیت شده در خاک با کودهای فسفری را فراهم نمود.

همچنین امکان استفاده از ترکیبات گوگردی در خاك و در نتیجه جذب مناسبت تر عناصر غذایی از جمله فسفر، آهن و روی برای گیاه گندم در عملکرد کمی وکیفی آن می تواند تاثیر مثبتی را داشته باشد.

**جدول۲: مقایسه میانگین تیمارها به روش دانکن برای صفات مورد آزمایش گندم**

| تیمار | عملکرد $Kg.ha^{-1}$ | | وزن هزار دانه | درصد | | میلی گرم در کیلوگرم | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | کاه | دانه | گرم | گوگرد | فسفر | اهن | روی |
| S۰P۰ | ۴۱۶۷e | ۴۱۱۸d | ۴/۴۳ | ۹۹/۰ | ۲۴/۰ | ۱۱۳ | ۲/۳۶ |
| S۰P۱ | ۴۳۴۴e | ۴۱۹۵d | ۴۱/۴۴ | ۱/۱ | ۳۱/۰ | ۱۶۸ | ۷/۳۵ |
| S۰P۲ | ۴۸۰۰d | ۴۵۱۹c | ۴۸/۴۴ | ۰۳/۱ | ۲۶/۰ | ۱۷۸ | ۵/۳۹ |
| S۱P۰ | ۴۲۸۷e | ۳۹۷۱e | ۱۱/۴۵ | ۸۳/۰ | ۲۳/۰ | ۱۴۳ | ۷/۳۴ |
| S۱P۱ | ۵۵۹۳c | ۴۵۲۵c | ۷۹/۴۴ | ۸۸/۰ | ۲۳/۰ | ۱۳۱ | ۷/۴۱ |
| S۱P۲ | ۶۲۶۶a | ۵۴۲۷b | ۴۵ | ۳۴/۱ | ۲۶/۰ | ۱۴۳ | ۸/۳۹ |
| S۲P۰ | ۴۶۰۷d | ۴۱۴۵d | ۳۹/۴۵ | ۹۵/۰ | ۳۱/۰ | ۱۳۰ | ۲/۴۱ |
| S۲P۱ | ۴۸۰۰d | ۴۲۶۶d | ۴۵/۴۴ | ۰۳/۱ | ۳۱/۰ | ۱۸۵ | ۸/۴۳ |
| S۲P۲ | ۶۰۲۷b | ۵۶۱۵a | ۰۲/۴۵ | ۰۹/۱ | ۲۲/۰ | ۱۸۳ | ۷/۳۳ |
| S۳P۰ | ۴۵۸۷d | ۴۲۶۷d | ۴۵ | ۴۵/۱ | ۲۴/۰ | ۱۷۰ | ۵/۳۵ |
| S۳P۱ | ۵۹۳۳b | ۵۵۷۰a | ۷۲/۴۴ | ۱۲/۱ | ۳/۰ | ۱۲۰ | ۵/۳۶ |
| S۳P۲ | ۴۶۲۰d | ۴۵۹۳c | ۰۱/۴۵ | ۹۸/۰ | ۲۳/۰ | ۱۱۵ | ۶/۳۱ |

## منابع

بشارتی، ح و صالح راستین، ن. ۱۳۷۸. بررسی تاثیر کاربرد مایه تلقیح باکتریهای تیوباسیلوس همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر. مجله علوم خاك و آب، جلد ۱۳، شماره ۱، صفحات ۲۳ تا ۳۹.

بلالی، م.، مهاجر میلانی،پ.، خادمی، ز. ۱۳۷۹. مدل جامع کامپیوتری توصیه کودهای شیمیایی در راستای تولیدات کشاورزی پایدار گندم. نشریه آموزش کشاورزی کرج.

عبادی، ع. ۱۳۶۵ گوگرد و مصارف آن در کشاورزی، انتشارات واحد فوق برنامه بخش فرهنگی دفتر مرکزی جهاد دانشگاهی.

Chen, Z., S. Ma, and L.Liu. ۲۰۰۸.Studies on phosphorus solubilizing activity of a Strain of phosphobacteria isolated from chestnut type soil in China. Bioresource Technology ۹۹: ۶۷۰۲-۶۷۰۷.

Del Campillo, S. E., S. Van der Zee, and J. Torrent. ۱۹۹۹. Modelling long term phosphorus leaching and changes in phosphorus fertility in excessively fertilized acid sandy soils. European Journal of Soil Science ۵۰: ۳۹۱-۳۹۹.

Miransari, M., H. A. Bahrami, F. Rejali, M. J. Malakouti, andH. Torabi. ۲۰۰۷. Using arbuscularmycorrhiza to reduce the stressful effects of soil compaction on corn (Zea mays L.) growth. Soil Biology andBiochemistry ۳۹: ۲۰۱۴-۲۰۲۶.

Rosa.M.C. J.J.Muchovej and Muchovejand V,H.Alvarez. ۱۹۸۹.Temporal relations of phosphorus fractions in an oxisol amended with rock phosphate and thiobacillus thiooxidans. Soil Sci.Soc. Am. J. ۵۳: ۱۰۹۶-۱۱۰۰.

Salimpour, S., K. Khavazi, H. Nadian, H. Besharati, and M. Miransari. ۲۰۱۰. Enhancing phosphorus availability to canola (Brassica napus L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. Australian Journal of Crop Science ۴: ۳۳۰-۳۳۴.

**Abstrac**

Balanced and optimal use of phosphorus fertilizers and the use of residual phosphorus stabilized soil is very important. Effects of sulfur on the availability of plants and improve soil properties and soil nutrient uptake, especially phosphorus wheat is desired. Therefore, research in factorial experiment in randomized complete block design with ۴ levels of sulfur and ۳ of the ۱۲ treated at Agricultural Research Center Safiabad Dezful were implemented. The results of this study showed that the sulfur and phosphorus had significant impact on wheat yield. Sulfur and phosphorus fertilizers to increase available phosphorus and plant nutrients such as iron and zinc in the plant is wheat.The sulfur had no significant effect on salinity and pH.