

## ضرورت مصرف گوگرد در خاکهای آهکی و شور - سدیمی استان خراسان رضوی به منظور افزایش عملکرد گیاهان

حمیدرضا ذبیحی<sup>۱</sup> و سید مجتبی نوری حسینی

استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

zabihi\_hamidreza@yahoo.com.

مریی پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

nourihosseini@yahoo.com

دریافت: فروردین ۱۳۹۴ و پذیرش: مرداد ۱۳۹۶

### چکیده

گوگرد از عناصر ضروری برای رشد گیاهان عالی است. حضور گوگرد در ساختمان بتامین، بیوتین، اسیدهای آمینه گوگردار، موجب نقش کلیدی این عنصر در فعال کردن بسیاری از آنزیم‌ها، پروتئین‌سازی و تعدیل سمیت بعضی عناصر سنگین در گیاهان شده است. گوگرد علاوه بر نقش تغذیه‌ای برای گیاهان، بعنوان یک ماده اصلاحی در خاکهای آهکی، سدیمی و شور و سدیمی جهت بهبود برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مطرح می‌باشد. بخش کشاورزی استان خراسان رضوی به عنوان یکی از بزرگترین و مهمترین تولیدکنندگان محصولات کشاورزی، نقش مهمی در تامین نیازهای حیاتی جامعه، امنیت غذایی، تامین مواد اولیه مورد نیاز صنایع و ایجاد اشتغال دارد. خاکهای استان خراسان رضوی به دلیل نامساعد بودن شرایط فیزیکی و شیمیایی قادر به تامین تمامی نیازهای غذایی گیاهان (زراعی و باغی کشت شده) به ویژه فسفر و عناصر ریز مغذی نمی‌باشند. افزایش مدام کودهای شیمیایی اگرچه در کوتاه مدت ممکن است باعث تامین این عناصر غذایی شود اما در بلند مدت می‌تواند باعث آلودگی خاک و آب شود. نتایج تحقیقات انجام شده نشان داده است که مصرف صحیح گوگرد در خاک می‌تواند ضمن بهبود شرایط شیمیایی خاک به جذب بهتر بعضی عناصر غذایی توسط گیاه کمک کند و با افزایش عملکرد گیاه از مخاطرات زیست محیطی احتمالی نیز جلوگیری نماید. لذا مصرف گوگرد همراه با ماده آلی و تیوباسیلوس به میزان دو درصد گوگرد مصرفی برای بهبود شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک و افزایش عملکرد گیاهان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه، اصلاح خاک، سدیمی، فسفر، عناصر ریزمغذی.

**مقدمه**

کشاورزی می‌باشد که بیش از سه برابر مساحت زیر کشت فعلی می‌باشد. ۶۲ درصد استان دارای اقلیم خشک می‌باشد. متوسط بارندگی در استان حدود ۲۲۵ میلیمتر است که از شمال استان به سمت جنوب میزان بارندگی بشدت کاهش می‌یابد و به کمترین حد آن ۹۰/۴ میلیمتر در سال در گناباد می‌رسد (جدول ۱).

استان خراسان رضوی بین مدار جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است و مساحت آن حدود ۱۱۶۴۹۳/۳۹ کیلومتر مربع معادل ۱۱۶۴۹۳۳۹ هکتار می‌باشد از کل مساحت اراضی استان حدود ۳۱/۵ درصد اراضی مناسب

**جدول ۱- آب هوا و اقلی استان خراسان رضوی براساس تقسیم بندی دو مارتن (خشک و نیمه خشک)**

حداکثر بارندگی	حداقل بارندگی	متوسط بارندگی سالانه	متوسط حداقل درجه حرارت	متوسط حداکثر درجه حرارت
۴۱۷/۱ میلیمتر در قوچان	۹۰/۴ میلیمتر در گناباد	۲۲۵ میلیمتر	۳/۸	۲۴/۶
	خشک	نیمه خشک	خیلی خشک	
		درصد		
	۶۲	۲۶	۱۲	

خریزه جزو اصلی‌ترین محصولات زراعی و زعفران، پسته و انگور جزو اصلی‌ترین محصولات باغی آن محسوب می‌شوند. در جداول ۲ تا ۴ سطح زیر کشت، عملکرد و میزان تولید محصولات مهم زراعی و باغی استان خراسان رضوی نشان داده شده است.

استان خراسان رضوی به عنوان یکی از بزرگترین و مهمترین تولیدکنندگان محصولات کشاورزی کشور دارای ظرفیت‌ها و توانمندیهای وسیع می‌باشد. سطح زیرکشت انواع محصولات زراعی و باغی (آبی و دیم) آن ۱/۰۶ میلیون هکتار است که گندم، جو، پنبه و

**جدول ۲- سطح زیرکشت و تولید محصولات زراعی استان خراسان رضوی**

رتبه کشوری	تولید (تن)			سطح زیر کشت (هکتار)		
	دیم	جمع	آبی	دیم	جمع	آبی
دوم	۶۳۲۷۸	۵۰۸۹۹۷۹	۵۰۲۶۷۰۱	۱۶۹۶۱۶	۷۷۸۲۹۱	۶۰۸۶۷۵

**جدول ۳- محصولات زراعی مهم استان خراسان رضوی**

رتبه در کشور	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	تولید (تن)			سطح زیرکشت (هکتار)			نوع محصول
		دیم	جمع	آبی	دیم	جمع	آبی	
سوم	۳۷۴	۶۵۷۸۵۵	۴۷۷۳۵	۶۱۰۱۲۰	۱۲۷۶۳۵	۳۷۲۲۰۸	گندم	
اول	۴۰۸/۸	۲۷۱۴۹۷	۸۹۷۰	۲۶۲۵۲۷	۲۱۹۴۲	۱۴۴۸۸۸	جو	
دوم	-	۸۴۳۶۲۱	-	۸۴۳۶۲۱	۲۴۴۴۳	-	چغندر قند	
اول	-	۱۰۱۵۸۴	-	۱۰۱۵۸۴	۴۵۲۸۰	-	پنبه	
اول	۲۴۵۰	۵۶۸۹۸۵	۲۴۵	۵۶۸۷۴۰	۱۰۰	۳۹۳۵۷	خریزه	
سوم	-	۵۱۲۹۶۱	-	۵۱۲۹۶۱	۱۴۴۹۱	-	گوچه فرنگی	
پنجم	۹۴۳/۲	۲۵۶۵۳۱	۹۳۰	۲۵۵۶۰۱	۹۸۶	۳۲۵۱۸	یونجه	

جدول ۴- سطح زیر کشت و تولید محصولات مهم باغی استان خراسان رضوی

رتبه در کشور	عملکرد در سطح بارور (کیلوگرم در هکتار)	تولید (تن)	سطح زیر کشت (هکتار)		نوع محصول
			جمع	غیر بارور	
چهارم	۱۳۳۸۵	۲۱۳۲۴۰/۷	۱۸۳۴۸	۱۱۳۰	سیب
اول	۱۱۱۴۰	۴۶۲۸۱/۳۵	۴۵۷۳/۵	۴۱۹	گلابی
دوم	۵۸۰۴	۳۱۵۷۹/۴۵	۶۲۱۶	۷۷۵	گیلاس
چهارم	۱۷۷۹۴۰	۳۸۱۰۵۳/۳۶۱	۲۲۸۲۴/۷	۱۴۰۵/۵	انگور آبی
پنجم	۱۳۴۲	۸۲۰۸/۷	۸۱۲۲	۲۰۰۳/۵	انگور دیم
دوم	۱۴۵۱	۴۸۶۰۳/۳۸	۵۳۷۶۰/۵	۲۰۲۵۸	پسته آبی
دوم	۱۵۱۳۱	۱۲۰۹۶۶/۱۵	۱۰۴۷۶/۵	۲۴۸۲	انار
چهارم	۳	۱۹۶	۵۷۲۷۵	--	زعفران
اول	۴۳۳	۵۶۱۰/۷۶	۱۲۹۵۶	--	گیاهان دارویی

#### بررسی اجمالی وضعیت خاکهای استان

از گوگرد در این شرایط می تواند به افزایش قابلیت جذب عناصر برای گیاه کمک زیادی نماید. بررسی های انجام شده در رابطه با وضعیت عناصر کم مصرف در اراضی زیر کشت گندم در استان نیز منعکس کننده کمبود و محدودکنندگی عناصر کم مصرف در خاکهای استان می باشد (جدول ۵).

نتایج آنالیز خاکهای استان حاکی از آن است که یکی از علل بروز کمبود عناصر غذایی بویژه فسفر و عناصر کم مصرف شرایط شیمیایی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک می باشد. در تحت این شرایط مقدار کل بعضی از عناصر غذایی در خاک زیاد اما میزان قابل جذب آن عنصر توسط گیاه کم می باشد. استفاده صحیح

جدول ۵- وضعیت عناصر غذایی کم مصرف تحت کشت گندم در استان خراسان (بالایی و همکاران، ۱۳۷۹)

عناصر غذایی	تعداد مزرعه مورد مطالعه	میانگین مقدار قابل جذب mg/kg	حد بحرانی mg/kg
آهن	۴۶	۳/۳	۴/۳
روی	۴۶	۰/۵۳	۱
منگنز	۴۶	۱۲/۱۴	۴/۶
مس	۴۶	۰/۹۷	۰/۵۳

جدول ۶- کود ماکرو مورد نیاز استان

نوع کود	از ته	فسفاتنه	پتاسه	جمع
مقدار(تن)	۲۳۵۰۰۰	۸۰۰۰۰	۷۰۰۰۰	۳۸۵۰۰۰

جدول ۷- مقادیر کود مصرفی (تن) در استان خراسان رضوی از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰

سال	از ته	فسفاتنه	پتاسه	کامل ماکرو	جمع
۱۳۸۰	۱۶۶۰۰۰	۷۲۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۶۵۰۰	۲۶۹۵۰۰
۱۳۸۱	۱۷۵۰۰۰	۷۷۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۲۰۰۰	۲۹۲۰۰۰
۱۳۸۲	۱۶۲۰۰۰	۷۰۰۰۰	۱۳۰۰۰	۳۰۰۰۰	۲۷۵۰۰۰
۱۳۸۳	۲۰۵۰۰۰	۶۰۰۰۰	۱۶۰۰۰	۳۱۰۰۰	۳۱۲۰۰۰
۱۳۸۴	۱۶۸۰۰۰	۶۵۰۰۰	۲۰۰۰۰	۳۳۰۰۰	۲۸۶۰۰۰
۱۳۸۵	۲۰۶۰۰۰	۷۲۰۰۰	۲۱۵۰۰	۳۴۰۰۰	۳۳۵۰۰۰
۱۳۸۶	۱۷۰۰۰۰	۷۵۰۰۰	۲۶۰۰۰	۲۲۰۰۰	۲۹۳۰۰۰
۱۳۸۷	۱۶۶۰۰۰	۶۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۲۲۰۰۰	۲۳۸۲۰۰
۱۳۸۸	۱۴۷۰۰۰	۵۰۰۰۰	۸۰۰۰	۸۵۰۰	۲۱۳۵۰۰
۱۳۸۹	۱۵۰۰۰۰	۵۰۰۰۰	۶۰۰۰	۳۰۰۰	۲۰۹۰۰۰
۱۳۹۰	۸۰۰۰۰	۳۲۰۰۰	۱۰۰۰	۳۵۰۰	۱۱۶۵۰۰

## ویژگی های گوگرد و مزایای کاربرد آن در اراضی

### آهکی

گوگرد از عناصر پر مصرف مورد نیاز برای رشد گیاهان عالی است. حضور گوگرد در ساختمان ترکیبات بتامین، تیامین، بیوتین، کوآنزیم، اسیدهای آمینه گوگردار، سولفو لیپدها، سولفوکسیدها و متالوتیونینها موجب نقش کلیدی این عنصر در فعال کردن بسیاری از آنزیمها، تنفس، پروتئین سازی، دفع حشرات و تعدیل سمیت بعضی عناصر سنگین در گیاهان شده است (Marschener, ۱۹۹۵). مقدار متوسط گوگرد در پوسته زمین حدود ۰/۴ درصد است اما دامنه تغییرات مقدار گوگرد در خاکهای کشاورزی زیاد بوده، کمترین مقدار آن در خاک های شنی ۲۰ میلی گرم گوگرد بر کیلوگرم خاک و بیشترین مقدار آن در نواحی جزر و مدی که سولفیدها تجمع پیدا می کنند ۳۵ میلی گرم گوگرد بر کیلوگرم خاک می باشد (ملکوتی و رضایی، ۱۳۸۱). نزدیک به تمام گوگرد در خاکهای نواحی خشک و درصد کمی از گوگرد خاکهای نواحی مرطوب به صورت معدنی است. گوگرد معدنی خاک به صورت سولفور و سولفات فلزات قلیایی و قلیایی خاکی مشاهده می شود. در غالب خاکهای کشاورزی چه در مناطق مرطوب و چه در نواحی خشک مقدار قابل توجهی از گوگرد معدنی خاک را سولفات تشکیل می دهد و در تمام خاکهای نواحی خشک بیش از ۹۰ درصد گوگرد معدنی را سولفاتها تشکیل می دهند و از مهمترین سولفاتهای خاک گچ می باشد (سالاردینی، ۱۳۶۶). سلیم پور و همکاران (2010) در پژوهشی که به تاثیر خاک فسفات همراه با گوگرد و ریزجاندارن بر عملکرد و ترکیب شیمیایی کلزا پرداختند به این نتیجه رسیدند که تیمار خاک فسفات همراه با گوگرد و ماده آلی و مایه تلقیح تیوباسیلوس از لحاظ نیتروژن، فسفر، پتاسیم، گوگرد، روی، آهن، مس و منگنز جذب شده توسط دانه تفاوت معنی داری با تیمار شاهد دارد. همچنین کودهای آلی مانند کود دامی دارای مقادیر زیادی عناصر غذایی از جمله مس است که به تدریج و با فعالیت

میکروارگانیسرها آزاد شده و در اختیار گیاه قرار میگیرد (ماو و همکاران، ۲۰۰۸).

بشارتی و همکاران (۱۳۹۵) ضمن بررسی اثر تیوباسیلوس، گوگرد و فسفر بر شاخص های رشد ذرت در برخی مناطق ایران اعلام کردند که اثر گوگرد بر وزن تر و خشک ذرت در سطح یک درصد معنی دار بود. آنان اعلام نمودند که بیشترین عملکرد وزن تر و خشک ذرت در استان از کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل بدست آمد. همچنین بیان داشتند تمامی سطوح گوگرد مصرفی میزان آهن جذب شده در اندام هوایی ذرت را به طور معنی - داری افزایش داد. اخوان و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه ای که به بررسی تاثیر گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر غلظت آهن پرداختند، نشان دادند که اثر گوگرد و اثر متقابل گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر غلظت آهن در گیاه معنی دار بوده است. گوگرد علاوه بر نقش تغذیه ای برای گیاهان، بعنوان یک ماده اصلاح کننده در خاکهای آهکی، سدیمی و شور و سدیمی جهت بهبود برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مطرح می باشد. این عنصر در خاک به دو شکل آلی و معدنی وجود دارد ولی شکل اصلی ذخیره آن بصورت آلی می باشد.

### مطالعات انجام شده در مصرف گوگرد در استان

مطالعات زیادی نشان می دهد که گوگرد موجب کاهش pH خاک و افزایش قابلیت جذب آهن، منگنز و روی در گیاهان می گردد (بیندرا<sup>۱</sup>، ۱۹۸۳؛ کلباسی و همکاران<sup>۲</sup>، ۱۹۸۸). در استان خراسان نیز مطالعاتی جهت بررسی اثر گوگرد انجام شده است از جمله، کلاستاقی (۱۳۷۳) طی یک آزمایش پنج ساله بر روی تناوب چغندر قند در استان خراسان ملاحظه نمود که با مصرف ۲/۴ تن گوگرد عنصری در هکتار همراه با ۲۰ تن مواد آلی، عملکرد به میزان ۲۲ تن نسبت به شاهد افزایش یافت. صدیق (۱۳۷۵) نشان داد که با مصرف

<sup>1</sup> Bindra, A. S 1983

<sup>2</sup> Kalbasi etal. 1988

## مصرف گوگرد در جهت تعدیل pH و اصلاح خاکهای

### آهکی استان خراسان

نمودارهای ۱ و ۲ تغییرات مواد آلی و pH خاک در بعضی مناطق استان خراسان رضوی را نشان می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌گردد، میزان مواد آلی در کلیه مناطق استان از حد متوسط جهانی (دو درصد کربن آلی) و همچنین حد بحرانی آن در خاک (بیش از یک درصد) بسیار کمتر بوده و از اینرو بطور طبیعی منبع تأمین گوگرد (گوگرد آلی) در خاکهای این استان کم می‌باشد. از طرفی مطالعات خاکهای استان نشان می‌دهد که بیش از ۶۰ درصد این خاکها آهکی می‌باشند (نمودار ۳). در این شرایط به دلیل pH بالای خاک، عدم قابلیت جذب عناصر غذایی کم‌مصرف آهن، روی، مس، منگنز و بور از مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصول بشمار می‌رود. علاوه بر این نگاهی به وضعیت عناصر کم‌مصرف و قابلیت استفاده آن در مزارع گندم نشان می‌دهد که بسیاری از خاکهای استان علاوه بر فقر مواد آلی دچار کمبود شدید روی و آهن نیز می‌باشند (جدول ۵). همچنین حضور بی‌کربنات در محلول خاک و آب آبیاری این مناطق (خاکهای آهکی) نیز مشکل را دوچندان نموده و از طرق مختلف جذب عناصر کم‌مصرف بویژه آهن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به مسائل مطرح شده یکی از راههای مناسب بهبود وضعیت عناصر غذایی و جذب آن برای گیاه در شرایط خاکهای آهکی کاهش pH خاک می‌باشد. کاهش pH خاک با استفاده از گوگرد و فراهم نمودن شرایط مناسب برای اکسیداسیون، راهکار مناسب و مقرون به صرفه‌ای است که می‌تواند برای افزایش قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف در این خاکها و افزایش عملکرد محصولات زراعی و باغی بکار گرفته شود.

## مصرف گوگرد جهت اصلاح خاکهای شور و سدیمی

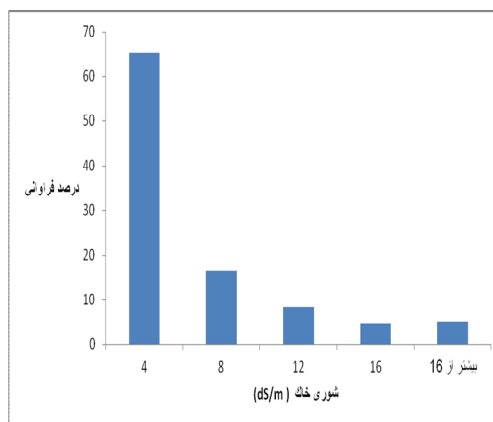
### استان خراسان رضوی

اسیدسولفوریک در یک خاک شور و قلیا، SAR خاک از ۲۷/۲ به ۱۱/۸ کاهش یافت. فروهر (۱۳۷۸) طی یک تحقیق گلخانه‌ای با گیاه سویا اعلام نمود که مصرف ۱٪ وزنی گوگرد عنصری نسبت به شاهد موجب کاهش معنی‌دار pH خاک و متعاقب آن افزایش معنی‌دار منگنز قابل استخراج با EDTA می‌گردد.

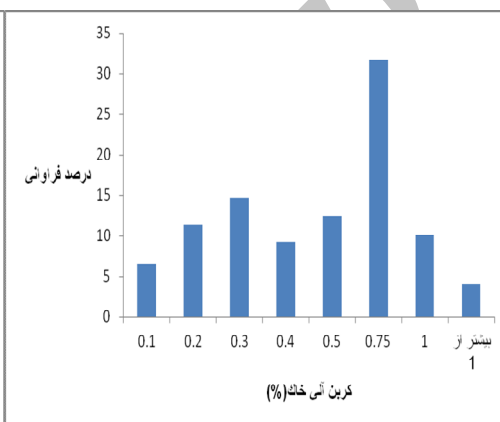
پسندیده (۱۳۸۱) نشان داد که مصرف گوگرد به میزان یک کیلوگرم به همراه ماده آلی موجب کاهش pH از ۷/۲ به ۶/۵ در محتویات چالکود درختان سیب می‌گردد. وی همچنین ملاحظه نمود که با افزودن تیوباسیلوس pH محتویات چالکود حتی کمتر نیز می‌گردد. ملکوتی و رضایی (۱۳۸۱) اعلام نمودند که افزودن تیوباسیلوس همراه با ماده آلی به گوگرد عنصری و فراهم نمودن شرایط فعالیت آن نیز می‌تواند در کاهش pH خاک کارآمدتر باشد. رستگار و قاسم زاده گنجه ای (۱۳۸۸) گزارش کردند که مصرف ۴۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگردی به همراه باکتری تیوباسیلوس و دو بار محلول پاشی با کودهای میکرو در تیمارها باعث شد تا بالاترین تجمع پتاسیم در سوخ‌ها حاصل شود. مصرف ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار میزان تجمع نترات در سوخ‌ها را کاهش داد. در یک بررسی بر روی ۵۰ نمونه خاک مناطق مختلف استان خراسان گزارش شد که مصرف ۰/۵ درصد وزنی گوگرد pH خاک را کاهش و هدایت الکتریکی خاک و سولفات را افزایش داد. همچنین در اثر مصرف گوگرد فسفر، آهن و روی قابل جذب خاک نسبت به شاهد افزایش یافت که بیانگر تاثیر مثبت مصرف گوگرد بر قابلیت جذب آنها بود (حیدر نژاد و همکاران، ۱۳۹۵). حیدری و رضاپور (۱۳۹۰) اعلام نمودند مصرف ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد سبب افزایش کلرفیل a و عملکرد دانه گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa* L.) می‌گردد. آنان ملاحظه نمودند که کاربرد گوگرد تأثیر معنی‌داری بر میزان پتاسیم و منیزیم اندام‌های هوایی دارد.

این رابطه می‌باشند. با اکسیداسیون گوگرد، غلظت ( $H^+$ ) محیط بالا رفته و حلالیت آهک خاک و در نتیجه غلظت کلسیم محلول خاک افزایش می‌یابد. این امر سبب جانشین شدن کلسیم بجای سدیم در سایت‌های تبادلی خاک شده و سدیم از طریق آبشویی به اعماق پائین‌تر حرکت می‌کند و بدین ترتیب اثرات مخرب سدیم در لایه سطحی خاک کاهش می‌یابد. نتایج مطالعات زیادی نیز نشان می‌دهد که استفاده از گوگرد در این شرایط بسیار مفید بوده است.

آنالیز خاک‌های استان حاکی از آن است که ۳۵ درصد خاک‌های استان شور و شور-سدیمی می‌باشند (نمودار ۱). تحت این شرایط بالا بودن سدیم تبادلی خاک باعث تخریب ساختمان خاک شده، نفوذپذیری خاک کاهش می‌یابد و تهویه ریشه نیز مختل می‌گردد. این مسئله به نوبه خود بر رشد و فعالیت ریشه و جذب عناصر غذایی بطور مستقیم تأثیر منفی دارد. راهکار مناسب برای رفع این مشکل استفاده از مواد اسیدی یا اسیدزا است که اسیدسولفوریک و گوگرد بهترین مواد در



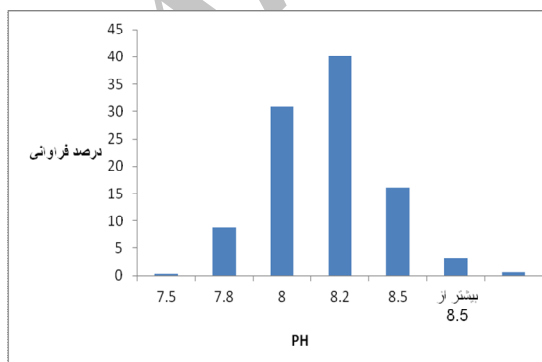
نمودار ۲- وضعیت توزیع فراوانی کربن آلی خاک



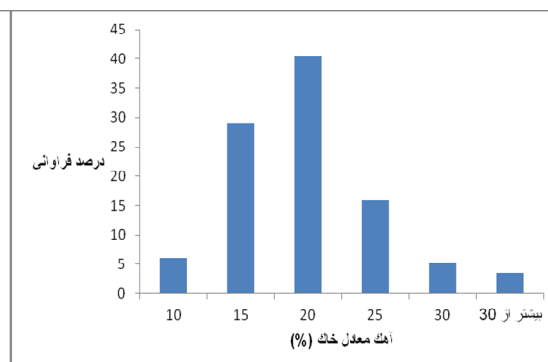
نمودار ۱- وضعیت توزیع شوری خاک

رضوی در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد به طور طبیعی ماده آلی خاک‌ها بسیار کم است، فقر شدید مواد آلی خاک‌های این استان از مشکلات مهم خاک‌های آن بشمار می‌رود (نمودار ۲).

اکسیداسیون گوگرد در خاکها بطور تنگاتنگی با مواد آلی و فعالیت میکروبی خاک ارتباط دارد. به نوبه خود ماده آلی خاک به شدت تحت تأثیر بارندگی و درجه حرارت می‌باشد. لذا با توجه به اینکه استان خراسان



نمودار ۴- وضعیت توزیع فراوانی درصد معادل آهک خاک



نمودار ۳- وضعیت توزیع فراوانی pH در خاک

ریز مغذی نمی‌باشند. این موضوع باعث شده است که کشاورزان هر ساله با هزینه مبالغ گزاف نسبت به تامین عناصر کم مصرف بویژه آهن و روی اقدام نمایند که بعضا نیز اثر بخشی چندانی نداشته است. مصرف مدام کودهای شیمیایی اگرچه در کوتاه مدت ممکن است باعث تامین این عناصر غذایی شود اما در بلند مدت می‌تواند باعث آلودگی خاک و آب و محصول تولیدی شود. با توجه به جوان بودن خاک‌های استان، این خاک‌ها دارای مقادیر مناسبی از عناصر غذایی منجمله آهن می‌باشند که با مصرف صحیح گوگرد در خاک می‌توان با بهبود شرایط شیمیایی خاک به جذب بهتر برخی عناصر غذایی توسط گیاه کمک کرد و از مخاطرات زیست محیطی احتمالی نیز جلوگیری نمود. وجود مقادیر زیادی گوگرد حاصل از فرایند تصفیه گاز در پالایشگاه گاز خانگیران سرخس یک مزیت نسبی بسیار خوب برای کشاورزان استان می‌باشد که با توجه به نزدیک بودن محل تولید گوگرد به محل مصرف در این استان هزینه مصرف گوگرد نیز بسیار کم بوده و با جلوگیری از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی محصول سالم‌تری تولید خواهد شد. نکته مهم در مصرف گوگرد آنست که برای اثر بخش بودن گوگرد مصرفی، باید گوگرد را همراه با کودهای آلی کمپوست شده و باکتری های اکسید کننده گوگرد (تیوباسیلوس) به نسبت دو درصد گوگرد مصرفی استفاده کرد.

بالا بودن نسبی میزان آهک در استان باعث شده است تا مدیریت تغذیه گیاهی در خاکهای زیر کشت محصولات مختلف با دشواری هایی روبرو باشد (نمودار ۴).

### روش مصرف گوگرد در خاک

گوگرد مورد استفاده در خاک‌ها معمولا به شکل عنصری می‌باشد که برای اثر بخش بودن در خاک باید تحت واکنش اکسایش به سولفات تبدیل شود، فرایند اکسایش گوگرد در خاک فرایندی زیست شیمیایی بوده و به وجود باکتری‌های اکسید کننده گوگرد (تیوباسیلوس) وابسته است. بررسی‌ها نشان داده است که خاک‌های استان از نظر میزان این باکتری‌ها فقیر می‌باشند و باید همواره هنگام کاربرد گوگرد از این باکتری‌ها به مقدار دو درصد گوگرد مصرفی استفاده گردد. واکنش‌های زیست شیمیایی برای موثر بودن به شرایط مناسب محیطی نیز نیازمند هستند که ماده آلی به عنوان یک بهبود دهنده مناسب معمولا مطرح است. لذا برای اثر بخشی بیشتر کودهای گوگردی بهتر است همراه با گوگرد از کودهای آلی کمپوست شده نیز استفاده شود.

### رهیافت ترویجی

خاکهای استان خراسان رضوی به دلیل نا مساعد بودن شرایط فیزیکی و شیمیایی (کمبود ماده آلی، بالا بودن pH و وجود آهک) قادر به تامین نیازهای غذایی گیاهان (زراعی و باغی کشت شده) به ویژه فسفر و عناصر

### فهرست منابع

۱. بشارتی، ح.، ه. خسروی، م. مستشاری، ک. میرزاشاهی، ج. قادری، و.ح.ر. ذبیحی. ۱۳۹۵. بررسی اثر تیوباسیلوس، گوگرد و فسفر بر شاخص های رشد ذرت (*Zea mays L.*) در برخی مناطق ایران. مجله تحقیقات کاربردی خاک، جلد ۴، شماره ۱.
۲. بلالی، م.، ر.م. ج. ملکوتی، ح. ح. مشایخی و ز. خادمی. ۱۳۷۹. اثر عناصر ریز مغذی بر افزایش عملکرد و تعیین حد بحرانی آنها در خاک های زیر کشت گندم آبی ایران. در "تغذیه متعادل گندم" مجموعه مقالات گردآوری محمد جعفر ملکوتی. نشر آموزش کشاورزی.

۳. بی نام. سیمای کشاورزی خراسان رضوی. ۱۳۹۲. اداره آمار و اطلاعات کشاورزی. معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی. سازمان جهاد کشاورزی خراسان رضوی.
۴. پسندیده، م. ۱۳۸۱. شناخت ناهنجاریهای تغذیه‌ای و بررسی جایگزینی کود بیوفسفات طلائی به جای کودهای فسفاته وارداتی در درختان سیب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
۵. حیدر نژاد، س. ف.، ح. بشارتی و پ. شاهین رخسار. ۱۳۹۰. بررسی میزان اکسیداسیون گوگرد و آزاد شدن برخی عناصر غذایی در خاک های آهکی استان خراسان، اولین کنگره ملی علوم و فناوریهای نوین کشاورزی، زنجان، ایران.
۶. حیدری، م. و ع. رضاپور. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی و کود گوگرد بر عملکرد دانه، کلروفیل و غلظت عناصر معدنی در گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa L.*). مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی، سال اول، شماره اول.
۷. سالاردینی، ع. ۱۳۶۶. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران.
۸. رستگار، ج. و م. قاسم زاده گنجه ای. ۱۳۸۸. تاثیر گوگرد و دفعات محلول پاشی با کود کامل میکرو بر عملکرد و کیفیت دو رقم پیاز، مجله به زراعی نهال و بذر، دوره ۲-۲۵، شماره ۱.
۹. فروهر، م. ۱۳۷۸. بررسی امکان استفاده از پودراکسید آهن ضایعاتی حاصل از فرایند اسیدشویی فولاد به عنوان کود آهن. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی اصفهان.
۱۰. صدیق. ه. ۱۳۷۵. گزارش نهائی طرح تعیین مقدار و نحوه مصرف اسیدسولفوریک در خاکهای قلیائی. وزارت کشاورزی - سازمان کشاورزی خراسان. مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان.
۱۱. ملکوتی، م. ج. ح. رضائی. ۱۳۸۰. نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی.
12. Akhavan, Z. Falah. A. Rezai amroabadi, Sh. Effect of sulfur and *Thiobacillus inoculant* on Iran, Zinc, Copper and manganese concentration on canola in greenhouse condition. 2012. Agronomy and Plant Breeding Journal. Vol8(4): 191-197.
13. Bindra, A. S., 1983. Iron chlorosis in horticulture and field-crops. Kalyani Publishers. New Dehli.
14. Klbasi, M., F. Filsoof, and Y. Rezai-Nejad, 1988. "Effect of sulfur treatments on yield and uptake of Fe, Zn, and Mn by corn, sorghum, and soybeans", J.Plant Nutr., Vol. 11(6-11): 1353-1360.
15. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press.UK.
16. Mao , J., D.C .Olk ,X. Fang , Z.He ,and. Schmidt-Rohr., K. 2008. Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy. Geoderma Journal, Vol146: 353-362.
17. Salimpour, S. Khavazi, k. Nadian, H. Besharaty, H. The impact of phosphate soil with sulfur and microorganisms on yield and chemical composition of canola. 2010. Iranian Journal Of Soil Research. Vol 24(1): 9-19.