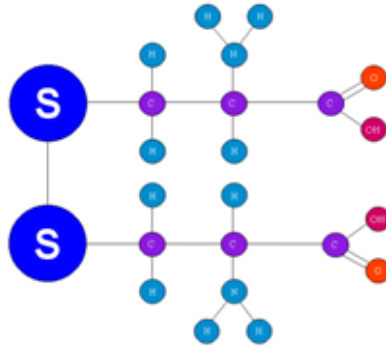


**نقش گوگرد در گیاهان:**

گوگرد قسمتی از هر سلول زنده است و در سنتز آمینو اسیدهایی مثل سیستئین و متیونین و بطور کلی پروتئین ها و همچنین ویتامین ها شرکت دارد. اهمیت گوگرد در فرآیند فتوسنتز و افزایش مقاومت گیاه در فصل سرما شناخته شده است. حضور گوگرد در حبوبات برای جذب نیتروژن به مقدار کافی، ضروری است. حضور گوگرد در فرآیند nitrate-reductase که در آن نیتروژن نیتراته به آمینو اسید تبدیل می شود، از اهمیت خاصی برخوردار است.



گوگرد اندازه و وزن دانه های گیاهی و همچنین راندمان نیتروژن در سنتز پروتئین را افزایش می دهد. محصولات کشاورزی که به مقدار زیادی به کود نیتروژنه نیاز دارند، باید به مقدار کافی گوگرد در اختیار داشته باشند تا بتوانند نیتروژن مورد نیاز خود را جذب نمایند. کیفیت و راندمان محصولات کشاورزی از جمله علوفه، غلات و محصولات کشاورزی فیبردار با بکار بردن کودهای گوگردی به مقدار قابل توجهی افزایش می یابد.

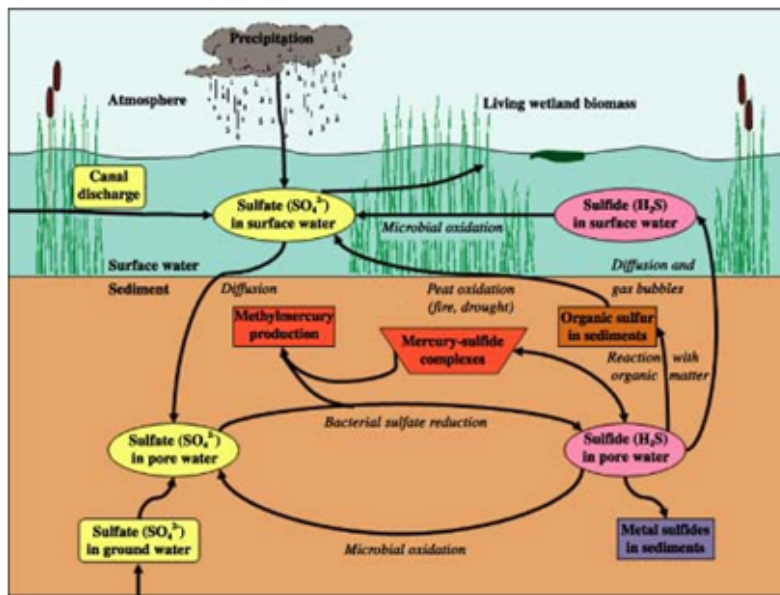


بالا

**سیکل گوگرد:**

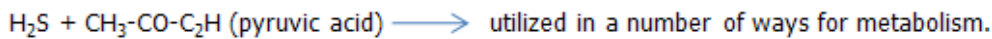
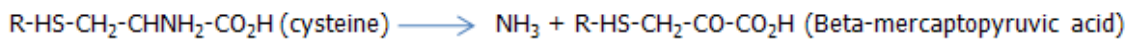
گوگرد یکی از اجزاء سازنده پروتئین ها، ویتامین ها و هورمون ها می باشد. طی یک مراحل بیوشیمیایی این ترکیبات بازیافت می شوند. مراحل اساسی سیکل گوگرد شامل موارد زیر می باشد:

- تبدیل ترکیبات آلی گوگرد به مواد معدنی، هیدرژن سولفید ( $H_2S$ )
- اکسیداسیون سولفید و گوگرد عنصری به سولفات ( $SO_4^{2-}$ )
- احیاء سولفات به سولفید
- تبدیل ترکیبات گوگردی به ترکیبات آلی حاوی گوگرد که طی فرآیند های بیوشیمیایی انجام می شود



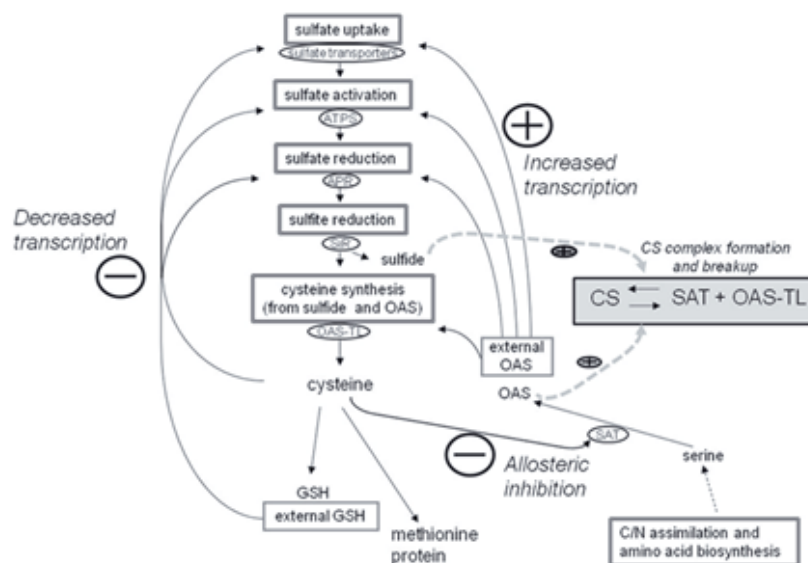
این موارد معمولاً به صورت زیر بیان میشود:

در گیاهان و قارچ ها در طی فرآیند همسان سازی احیا، سولفات به ترکیبات تیول (R-SH) تبدیل می شود. حالت اکسایش گوگرد در سولفات +6 و در عامل تیول -2 است. فرآیند حذف گوگرد، فرآیندی است که در آن گوگرد عامل تیول در مولکول آلی شکسته شده و هیدروژن سولفید با حالت اکسایش -2 را تولید می نماید. بیشتر ترکیبات گوگردی موجود در بافت های موجودات زنده شامل آمینو اسید های حاوی گوگرد و سولفات استرها می باشد.



بوی تعفنی که از لاشه های موجودات زنده متصاعد می شود مربوط به آزاد شدن  $H_2S$  و  $NH_3$  است. 90% از گوگرد موجود در خاک به صورت ترکیبات آلی است که از این 90%، 50% به صورت اتصالات C-O-S (سولفات استر)، 20% به صورت S- آمینو اسید، و 20% به صورت محدوده وسیعی از ترکیبات مختلف گوگردی می باشد. با اکسایش هیدروژن سولفید، گوگرد عنصری با حالت اکسایش صفر تولید می شود. این واکنش توسط باکتری های گوگردی فتوسنتزی بنفش و سبز و بعضی chemolithotrophs انجام می شود. با اکسایش بیشتر گوگرد عنصری سولفات تولید می گردد.

در فرآیند دیگری که Immobilization یا به طور عمومی Assimilatory Sulfate Reduction نامیده می شود، سولفات به پروتئین های حاوی گوگرد تبدیل می شود. چرخه فرآیند در شکل زیر نشان داده شده است.



تأثیر بشر در چرخه گوگرد مربوط به گاز سولفور دی اکسیدی است که در صنایع مختلف (مثل سوزاندن زغال سنگ) و از آگروز وسایل نقلیه متصاعد می شود. سولفور دی اکسید در مناطق از خاک که امکان اکسید شدن آن به سولفات امکان پذیر باشد، جذب خاک می شود. سولفور دی اکسید در اتمسفر به سولفید احیا و یا به سولفوریک اسید اکسید می شود. سولفوریک اسید تولید شده در اتمسفر یکی از اجزاء اصلی باران اسیدی می باشد.

**گوگرد در خاک:**

گوگرد موجود در خاک به صورت ترکیبات آلی و معدنی وجود دارد. همانطور که قبلا نیز ذکر شد بیشتر گوگرد موجود در خاک به صورت ترکیبات آلی است که نمی تواند توسط گیاه جذب شود. گوگرد موجود تنها در صورتی می تواند جذب گیاه شود که این ترکیبات طی فرآیند معدنی شدن به فرم سولفات تبدیل شود.

سولفات در خاک متحرک بوده و مانند نیترات به راحتی توسط آب شسته شده و با آبیاری و یا بارش سنگین باران از منطقه فعال ریشه خارج می شود. با تبخیر آب، سولفات می تواند مجدداً به سطح خاک منتقل شود. تحرک پذیری سولفات در خاک تعیین نیاز خاک به کودهای گوگردی را مشکل می نماید. ذرات رس موجود در خاک سولفات را بیشتر از نیترات جذب می نمایند. با بارش بهاره، سولفات موجود در بخش ماسه ای خاک شسته می شود ولی در بخش رسی خاک که در قسمت های پایین تر خاک قرار دارد ننگه داشته می شود. بنابر این در این مناطق در رشد اولیه گیاه ممکن است علائم کمبود گوگرد مشاهده شود که با رشد بیشتر ریشه گیاه و نفوذ آن به مناطق رسی این علائم بر طرف می شوند. در مناطقی که بخش ماسه ای خاک عمیق است و یا فاقد بخش رسی هستند، گیاهان نسبت کمبود گوگرد عکس العمل نشان می دهند.

بالا

**کمبود گوگرد:**

حرکت گوگرد در خاک عمدتاً به صورت توده بوده و جذب آن به وسیله گیاهان به شکل سولفات امکان پذیر است. گوگرد در درون گیاه پویا نبوده، بنابراین علائم کمبود از برگ های جوان آغاز می شود. کمبود گوگرد اثری مهم در کاهش رشد گیاه داشته و به دلیل شرکت در ترکیب پروتئین ها کمبود آن با رنگ پریدگی در برگ های جوان مشخص می شود. کمبود گوگرد باعث تجمع از غیر پروتئینی در گیاهان می شود که تهدیدی جدی برای سلامتی مصرف کنندگان آن خواهد بود.



علائم کمبود گوگرد در گیاهان

کمبود گوگرد که اثر قابل توجهی در به تاخیر انداختن رشد گیاه دارد، با گیاهان کلروز شده ای مشخص می شود که در آن ها رشد متوقف، ساقه نازک و برگ ها پیچیده شده اند. غلظت گوگرد در بیشتر گیاهان حدود 0.5-2٪ درصد است. نسبت مناسب ازت به گوگرد در محدوده 7:1 تا 15:1 است.

بیشتر باشد گیاه با 5 ppm بعضی آب های آبیاری حاوی مقدار قابل توجهی گوگرد هستند. در صورتی میزان سولفات موجود در آب آبیاری از کمبود گوگرد مواجه نخواهد شد. بیشتر کودهای شیمیایی حاوی گوگرد به فرم سولفات و محلول در آب می باشند. مهمترین منبع گوگرد نامحلول، گوگرد عنصری است که با عملکرد باکتری های موجود در خاک ابتدا به سولفات تبدیل می شود که قابل جذب توسط گیاه است.

بالا

**تحقیقات و نتایج اثبات شده برای کاربرد گوگرد:**

جداول زیر عکس العمل راندمان محصولات کشاورزی مختلف را نسبت به کمبود گوگرد نشان می دهد:

عکس العمل ذرت نسبت به کاربرد گوگرد

Sulfur lb/acre	Yield lb/acre	N to S ratio in plants
0	124.5	14:1
50	136.0	10.9:1

عکس العمل یونجه نسبت به کاربرد گوگرد

Sulfur	Yield
--------	-------

lb/acre	lb/acre
0	3.6
50	4.3

تأثیر گوگرد بر افزایش راندمان و نسبت ازت به گوگرد در چمن برمرد

N rate lb/acre	Sulfur applied	Yield Ton/acre	Nitrogen	
			Uptake, lb/acre	Recovery, %
0	No	2.4	81	-
	Yes	2.6	88	-
200	No	4.6	186	93
	Yes	5.2	223	112
400	No	5.1	236	59
	Yes	6.1	306	76

کمبود گوگرد در یونجه و علوفه باعث کاهش راندمان مصرف نیتروژن می شود. بکار بردن کودهای نیتروژنه و گوگردی با نسبت باعث بهبود کیفیت این محصولات شده و از نظر اقتصادی و زیست محیطی نیز بیشتر قابل قبول است.

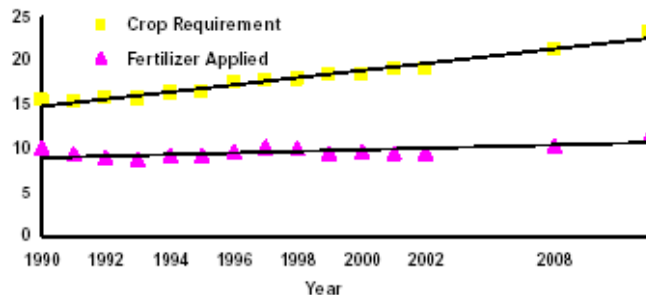
عکس العمل راندمان دانه های کتان نسبت به کاربرد گوگرد

Sulfur rate lb/acre	Three- year average seed cotton yield lb/acre
0	1216
10	1402
20	1526
40	1481

بالا

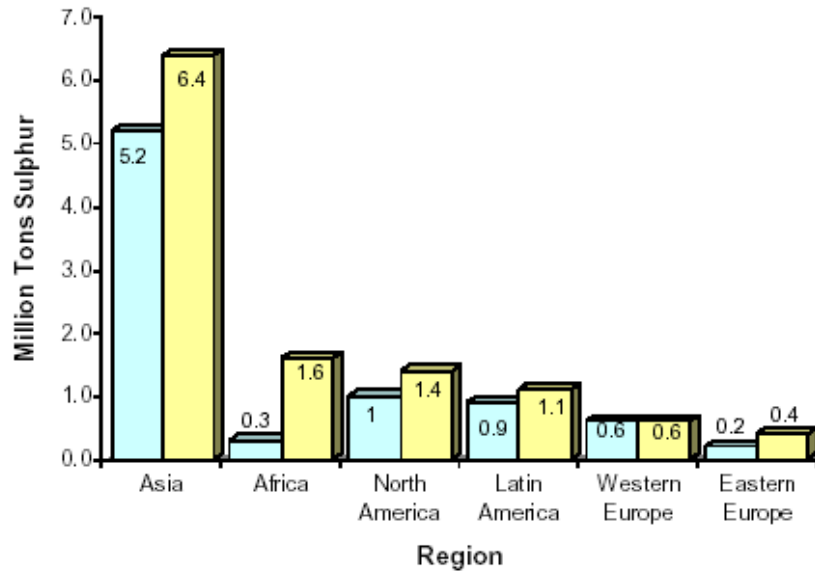
### کود های حاوی گوگرد:

در چند دهه گذشته کمبود گوگرد در بیشتر زمین های کشاورزی جهان ایجاد شده که تأثیر قابل توجهی بر راندمان محصولات کشاورزی و عملکرد سایر کودهای شیمیایی داشته است. با کوشش انستیتو گوگرد (TSI)، بسیاری از دفاتر دولتی، دانشگاه ها و حتی سازمان هایی که در این مورد ذینفع نبودند اهمیت گوگرد برای تغذیه مناسب گیاهان شناخته شد. در حال حاضر مصرف جهانی کودهای شیمیایی حاوی گوگرد حدود 10 میلیون تن در سال می باشد. ولی متأسفانه این مقدار از مقدار مورد نیاز گیاهان که توسط انستیتو گوگرد محاسبه شده، بسیار کمتر است. در حال حاضر این تفاوت حدود 6/9 میلیون تن تخمین زده شده است. با افزایش تولید مواد غذایی میزان نیاز به این عنصر غذایی نیز افزایش می یابد در صورتی که مصرف کودهای گوگردی با سرعت کمتری افزایش می یابد و پیش بینی می شود که اختلاف بین میزان نیاز و مصرف کودهای گوگردی در سال 2013 به حدود 9/11 میلیون تن خواهد رسید.



میزان مصرف و نیاز گیاه به کودهای گوگردی

در شکل زیر کمبود گوگرد در نواحی مختلف جهان به طور جداگانه نشان داده شده است.



کمبود عنصر غذایی گوگرد در نواحی مختلف جهان در سال 2003 و 2013

انواع مختلف کودهای گوگردی می توانند به سه دسته کلی تقسیم شوند:

- کودهای جامد حاوی سولفات
- کودهای مایع حاوی گوگرد
- کودهای حاوی گوگرد عنصری