



بررسی اثر گوگرد بر روی جذب برخی فلزات سنگین بوسیله ذرت در یک خاک آلوده به کادمیم

هاجر تاجی^۱، احمد گلچین^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه زنجان ۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

چکیده

به منظور بررسی توان ذرت در پاکسازی فلزات سنگین از خاک و تأثیر سطوح مختلف فلزات سنگین و تشدید کننده های جذب بر رشد و نمو و غلظت فلزات در گیاه ذرت یک آزمایش در گلخانه‌ی بخش خاکشناسی دانشگاه زنجان در اردیبهشت ماه سال هشتاد و هفت انجام شد. در یک آزمایش فاکتوریل و در طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در هر تیمار، سه سطح گوگرد (۰، ۱ و ۲ تن گوگرد در هکتار) و شش سطح کادمیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) به گلدانها اضافه شد و بذر ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ کشت گردید. نتایج آزمایش نشان داد که تأثیر سطوح مختلف کادمیم و نوع و مقدار افزودنی بر غلظت کادمیم، وزن تر و خشک و غلظت سایر عناصر در گیاه معنی دار ($P < 0.01$) است. با افزایش سطح کادمیم در خاک، غلظت کادمیم در اندامهای هوایی و ریشه گیاه ذرت افزایش ولی وزن تر و خشک گیاه کاهش یافت. کاربرد افزودنی های مختلف باعث افزایش غلظت کادمیم در اندامهای هوایی و ریشه گیاه ذرت شد ولی وزن این قسمت ها را کاهش داد. غلظت آهن، مس و منگنز اندامهای هوایی با کاربرد گوگرد و کادمیم کاهش یافت.

واژگان کلیدی: گیاه پالایی، ذرت، کادمیم، گوگرد، روی، آهن، مس، منگنز

مقدمه

در سالهای اخیر گیاه پالایی به عنوان یک روش مطلوب برای اصلاح خاکهای آلوده به فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفته است. گیاه پالایی فناوری استفاده از گیاهان برای پالایش آلودگی از محیط زیست است که روشی مؤثر، ارزان قیمت و دوستدار محیط زیست می باشد و در این روش از گیاهان سبز و ارتباط آنها با میکروارگانیسم های خاک برای کاهش آلودگی خاک و آب های زیرزمینی استفاده می شود. گیاهانی مانند خردل هندی، آفتابگردان، تنباکو، چاودار و ذرت دارای این توانایی هستند که آلودگی را کاهش بدهند. در پروژه گیاه پالایی، زیست فراهمی فلزات سنگین فاکتور مهمی است. یکی از روشهای عمده افزایش زیست فراهمی فلزات سنگین در خاکها و افزایش تحرک آنها در داخل گیاه کاهش pH خاک است (سالت و همکاران، ۱۹۹۵ و بلایوک و همکاران، ۱۹۹۷). کاهش pH خاک از طریق استفاده از اسیدهای آلی یا معدنی یا اسیدهای تولید شده توسط کودهای شیمیایی از جمله آمونیوم کلراید امکانپذیر است (هوانگ و همکاران، ۱۹۹۷)، ولی استفاده از این روشها بدلیل اثرات منفی بر روی ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و امکان آلودگی



آبهای زیر زمینی در طی آبهویی دارای محدودیتهایی است. برای غلبه بر ای مشکلات، استفاده از گوگرد عنصری برای کاهش pH خاک و افزایش حلالیت فلزات سنگین در خاک پیشنهاد شده است (کایزر و همکاران، ۲۰۰۰). در مطالعه انجام شده توسط سوی و همکاران (۲۰۰۴)، مشخص شد که با کاربرد گوگرد، غلظت روی در ریشه و اندام هوایی ذرت به ترتیب ۴/۵ و ۲/۳ برابر در مقایسه با شاهد افزایش یافت. لذا با توجه به اهمیت پاکسازی خاکهای آلوده و لزوم شناسایی راهکارهای افزایش کارایی گیاه پالایی این پژوهش با اهداف بررسی توان ذرت در جذب عنصر کادمیم و امکان استفاده از این گیاه جهت گیاه پالایی، بررسی تأثیر گوگرد بر جذب فلزات سنگین توسط گیاه ذرت و افزایش کارایی گیاه پالایی، بررسی نحوه توزیع فلزات سنگین در بافت های مختلف گیاه، تعیین حد تحمل گیاه ذرت به آلودگی کادمیم در خاک به مرحله اجرا درآمد.

مواد و روش ها

این بررسی در یک خاک آهکی منطقه زنجان و در شرایط گلخانه اجرا شد. در آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، شش سطح کادمیم (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و سه سطح گوگرد (صفر، ۱ و ۲ تن در هکتار) بر روی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ اعمال گردید. برای هر گلدان سه کیلوگرم خاک توزین و در کیسه های نایلونی ریخته شد. پس از اعمال تیمارها و مصرف سایر عناصر غذایی با توجه به نتایج آزمون خاک، خاک گلدانها کاملاً مخلوط گردید و در هر گلدان ۵ بذر جوانه دار ذرت کشت گردید. پس از گذشت زمان لازم و رشد گیاهان، برگ و ریشه گیاهان بطور جداگانه برداشت و پس از اندازه گیری وزن تر و شست و شو با آب مقطر در داخل پاکت های مخصوص قرار داده شدند و در آون با درجه حرارت ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. پس از خشک شدن نمونه ها در آون، وزن خشک آنها یادداشت گردید. سپس نمونه های برگ و ریشه برای تجزیه و اندازه گیری غلظت عناصر آسیاب گردید و از هر نمونه یک گرم توزین و در کوره الکتریکی خاکستر شد. عصاره گیری با اضافه نمودن ۱۰ میلی لیتر کلریدریک اسید دو مولار و عبور دادن محلول از کاغذ صافی واتمن ۴۲ انجام گرفت. در عصاره های بدست آمده غلظت عناصر کادمیم، روی، آهن، منگنز و مس با دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. نتایج و داده های بدست آمده به عنوان پاسخ های گیاهی با نرم افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. گروه بندی میانگین ها به روش آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

در جداول ۱ اثرات مصرف توأم کادمیم و گوگرد بر وزن تر و خشک اندامهای هوایی آورده شده است که از نظر آماری در سطح یک درصد معنی دار شد. با مصرف کادمیم وزن تر اندامهای هوایی از ۶۹/۵۹ گرم در گلدان در تیمار Cd0 به ۱۸/۲۳ گرم در گلدان در تیمار Cd250 کاهش یافت. با مصرف گوگرد وزن تر اندامهای هوایی از ۳۴/۶۹ گرم در گلدان در تیمار S0 به ۲۵/۷۳ گرم در گلدان در تیمار S2 کاهش یافت. کمترین وزن تر اندامهای هوایی (۱۵ گرم در گلدان) در تیمار S2Cd250 مشاهده شد. همچنین با مصرف کادمیم، وزن خشک اندامهای هوایی با ۸۶ درصد کاهش از ۱۲/۷۳ گرم در گلدان به ۱/۷۳ گرم در گلدان کاهش یافت. با افزایش میزان مصرف گوگرد، وزن خشک اندامهای هوایی از ۴/۹۹ گرم در گلدان به ۳/۶۹ گرم در گلدان کاهش یافت.



پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، دانشکده کشاورزی



همایش ملی
ایده های نو در کشاورزی

۲۸-۲۷ بهمن ماه ۱۳۸۹

جدول ۲- مقایسه میانگین های اثرات اصلی و متقابل سطوح گوگرد و آلودگی خاک به کادمیم بر غلظت کادمیم اندامهای هوایی و ریشه

میانگین	سطوح گوگرد (تن در هکتار)			سطوح کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم)
	۲	۱	۰	
	غلظت کادمیم اندامهای هوایی (میلی گرم در کیلوگرم)			
۲۱/۳۱	۲۷/۲۴i	۲۲/۷۹i	۱۳/۹i	Cd0
۱۰۲/۶۷	۱۱۳/۹۸g	۱۰۶/۷۵gh	۸۷/۲۹h	Cd50
۱۴۹/۷۴	۱۶۰/۶۸ef	۱۴۶/۷۸f	۱۴۱/۷۸f	Cd100
۱۸۸/۲۹	۲۱۴/۰۶c	۱۷۸/۴۷de	۱۷۲/۳۶e	Cd150
۲۱۹/۰۶	۲۵۱/۸۶ab	۲۱۱/۲۸c	۱۹۴/۰۴cd	Cd200
۲۳۸/۳۳	۲۶۷/۹۹a	۲۴۴/۰۸b	۲۰۲/۹۴c	Cd250
۱۵۳/۲۳	۱۷۲/۶۳	۱۵۱/۶۹	۱۳۵/۳۸	میانگین

جدول ۱- مقایسه میانگین های اثرات اصلی و متقابل سطوح گوگرد و آلودگی خاک به کادمیم بر وزن تر و خشک اندامهای هوایی ذرت

میانگین	سطوح گوگرد (تن در هکتار)			سطوح کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم)
	۲	۱	۰	
	وزن تر اندامهای هوایی (گرم)			
۶۵/۵۹	۶۰/۱۳c	۶۵/۶۰b	۷۱/۰۵a	Cd0
۲۷/۲۴	۲۳/۱۸h	۲۶/۳۳fg	۳۲/۲۲d	Cd50
۲۴/۵۰	۲۰/۶۴z	۲۳/۳۱h	۲۹/۵۷e	Cd100
۲۲/۳۴	۱۸/۳۲kl	۲۱/۶۸ij	۲۷/۰۴f	Cd150
۲۰/۴۵	۱۷/۱۱lm	۱۸/۷۵k	۲۵/۴۹g	Cd200
۱۸/۲۳	۱۵/۰۰n	۱۶/۸۹m	۲۲/۸۰hi	Cd250
۲۹/۷۲	۲۵/۷۳	۲۸/۷۶	۳۴/۶۹	میانگین
	وزن خشک اندامهای هوایی (گرم)			
۱۲/۷۳	۱۰/۵۴b	۱۳/۶۹a	۱۳/۹۶a	Cd0
۴/۸۲	۳/۷۰d	۵/۳۲c	۵/۴۵c	Cd50
۲/۹۷	۲/۵۷e	۲/۶۳e	۳/۷۲d	Cd100
۲/۳۸	۲/۲۵ef	۲/۵۳e	۲/۴۹ef	Cd150
۱/۹۲	۱/۶۷ef	۱/۹۱ef	۲/۱۸ef	Cd200
۱/۷۳	۱/۴۲f	۱/۶۵ef	۲/۱۲ef	Cd250
۴/۴۲	۳/۶۹	۴/۵۹	۴/۹۹	میانگین



پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، دانشکده کشاورزی

۲۸-۲۷ بهمن ماه ۱۳۸۹



همایش ملی
ایده های نو در کشاورزی

جدول ۳- مقایسه میانگین های اثرات اصلی و متقابل سطوح گوگرد و آلودگی خاک به کادمیم بر غلظت روی اندامهای هوایی

سطوح گوگرد (تن در هکتار)				
سطوح کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم)	۰	۱	۲	میانگین
غلظت روی اندامهای هوایی (میلی گرم در کیلوگرم)				
Cd0	۸۷/۲۹a	۵۷/۸۲c	۵۴/۴۸c	۶۶/۵۳
Cd50	۷۹/۵۰a	۵۵/۰۴c	۴۹/۴۸cde	۶۱/۳۴
Cd100	۶۸/۳۸b	۴۴/۴۸def	۴۲/۸۱efg	۵۱/۸۹
Cd150	۵۸/۹۳c	۴۱/۱۴efgh	۳۷/۸۰fgh	۴۵/۹۶
Cd200	۵۵/۶۰c	۳۸/۳۶fgh	۳۶/۱۴efgh	۴۳/۳۶
Cd250	۵۳/۳۷cd	۳۴/۴۷gh	۳۲/۲۴h	۴۰/۰۳
میانگین	۶۷/۱۸	۴۵/۲۲	۴۲/۱۶	۵۱/۵۲

جدول ۴- مقایسه میانگین های اثرات اصلی و متقابل سطوح گوگرد و آلودگی خاک به کادمیم بر غلظت آهن اندامهای هوایی و ریشه

سطوح گوگرد (تن در هکتار)				
سطوح کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم)	۰	۱	۲	میانگین
غلظت آهن اندامهای هوایی (میلی گرم در کیلوگرم)				
Cd0	۵۸۹/۳۶a	۴۵۵/۳۶abcdef	۴۱۴/۷۷bcdef	۴۸۶/۵
Cd50	۵۵۶ab	۴۴۲/۰۲abcdef	۴۰۹/۲۱bcdef	۴۶۹/۰۷
Cd100	۵۳۲/۰۹abc	۴۱۷bcdef	۳۹۴/۲۰cdef	۴۴۷/۷۶
Cd150	۵۱۹/۳۰abcd	۳۷۹/۷۴cdef	۳۸۵/۶۲def	۴۲۴/۴۱
Cd200	۵۱۰/۴۰abcde	۳۷۰/۸۵def	۳۷۴/۱۸ef	۴۱۳/۲۹
Cd250	۴۵۳/۱۴abcdef	۳۵۵/۲۸ef	۳۴۲/۴۹f	۳۸۳/۶۴
میانگین	۵۲۶/۷۱	۴۰۳/۳۷	۳۸۲/۲۵	۴۳۷/۴۴

جداول ۲ و ۳ اثرات مصرف توأم کادمیم و گوگرد را بر روی غلظت کادمیم و روی اندامهای هوایی همراه با گروه بندی میانگین ها نشان می دهد. اثرات اصلی و متقابل کادمیم و گوگرد بر غلظت کادمیم ریشه و اندامهای هوایی معنی دار شد. با مصرف کادمیم غلظت آن در ریشه و اندامهای هوایی افزایش یافت. در این بررسی میانگین غلظت کادمیم در اندامهای هوایی ۱۵۳/۲۳ میلی گرم در کیلوگرم و در ریشه ۳۱۹/۶۹ میلی گرم در کیلوگرم بود. به عبارت دیگر میانگین غلظت کادمیم در ریشه ۲/۰۸ برابر غلظت آن در اندامهای هوایی بود. جذب روی تحت تأثیر معنی دار اثرات اصلی و متقابل کادمیم و گوگرد قرار گرفته است. با افزایش میزان مصرف کادمیم، غلظت روی اندامهای هوایی از ۶۶/۵۳ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار Cd0 به ۴۰/۰۳ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار Cd250 کاهش یافته است. با مصرف گوگرد غلظت روی اندامهای هوایی ۳۷ درصد کاهش یافت. بالاترین غلظت روی اندامهای هوایی و ریشه گیاه ذرت به تیمار S0Cd0 و کمترین غلظت روی به تیمار S2Cd250 تعلق داشت. جداول ۴ و ۵ اثرات توأم کادمیم و گوگرد را بر روی غلظت و جذب آهن و مس همراه با گروه بندی میانگین ها نشان می دهد. مصرف کادمیم باعث کاهش معنی دار غلظت آهن و مس اندامهای هوایی شد. با افزایش غلظت کادمیم، غلظت آهن اندامهای هوایی با ۲۱ درصد کاهش از ۴۸۶/۵ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار Cd0 به ۳۸۳/۶۴ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار Cd250 رسید بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۷، با مصرف کادمیم غلظت مس اندامهای هوایی ۳۷ درصد و غلظت مس ریشه ۴۱ درصد کاهش نشان داد. همچنین با افزایش میزان مصرف گوگرد، غلظت مس اندامهای هوایی از ۱۰/۰۴ میلی گرم در



پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان)، دانشکده کشاورزی



همایش ملی
ایده های نو در کشاورزی

۲۸-۲۷ بهمن ماه ۱۳۸۹

کیلوگرم در تیمار S0 به ۸/۱۶ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار S2 و غلظت مس ریشه از ۱۱/۹۳ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار S0 به ۸/۳۳ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار S2 کاهش یافت. در جدول ۶، اثرات مصرف کادمیم و گوگرد بر غلظت منگنز اندامهای هوایی همراه با گروه بندی میانگین ها آورده شده است. با مصرف کادمیم و گوگرد، غلظت منگنز اندامهای هوایی به طور معنی داری کاهش یافت. با افزایش غلظت کادمیم، غلظت منگنز اندامهای هوایی از ۵۹/۶ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار Cd0 به ۳۵/۸۵ میلی گرم در کیلوگرم در تیمار Cd250 کاهش یافت. بالاترین غلظت منگنز اندامهای هوایی در تیمار S0Cd0 مشاهده شد. همچنین با افزایش میزان گوگرد، غلظت منگنز اندامهای هوایی ۲۷ درصد کاهش یافت.

جدول ۵- مقایسه میانگین های اثرات اصلی و متقابل سطوح گوگرد و آلودگی خاک به کادمیم بر غلظت مس اندامهای هوایی

میانگین	سطوح گوگرد (تن در هکتار)			سطوح کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم)
	۲	۱	۰	
	غلظت مس اندامهای هوایی (میلی گرم در کیلوگرم)			
۱۱/۳۳	۱۰/۲۴abcd	۱۱/۶۸ab	۱۲/۰۷a	Cd0
۱۰/۲۶	۹/۱۱bcde	۱۰/۲۴abcd	۱۱/۴۴abcd	Cd50
۹/۴۴	۸/۰۵def	۹/۴۴bcde	۱۰/۸۴abcde	Cd100
۸/۷۶	۷/۶۳ef	۹/۱۱bcde	۹/۵۴bcde	Cd150
۷/۹۶	۷/۰۵gh	۸/۱۰def	۸/۷۵def	Cd200
۷/۱۷	۶/۸۴g	۷/۰۵gh	۷/۶۳ef	Cd250
۹/۱۵	۸/۱۶	۹/۲۷	۱۰/۰۴	میانگین



جدول ۶ مقایسه میانگین های اثرات اصلی و متقابل سطوح گوگرد و آلودگی خاک به کادمیم بر غلظت منگنز اندامهای هوایی

میانگین	سطوح گوگرد (تن در هکتار)			سطوح کادمیم (میلی گرم در کیلوگرم)
	۲	۱	۰	
	غلظت منگنز اندامهای هوایی (میلی گرم در کیلوگرم)			
۵۹/۶	۴۹/۴۸cde	۵۱/۷۰cd	۷۷/۸۴a	Cd0
۵۱/۱۵	۴۲/۸۱efgh	۴۶/۱۴defg	۶۴/۴۹b	Cd50
۴۷/۴۴	۳۸/۹۲hi	۴۲/۲۵fgh	۶۱/۱۶b	Cd100
۴۲/۸۱	۳۴/۴۷ij	۴۰/۵۸ghi	۵۳/۳۷c	Cd150
۳۹/۶۴	۳۱/۱۳jk	۳۸/۹۲hi	۴۸/۹۲cdef	Cd200
۳۵/۸۵	۲۷/۸۰k	۳۴/۴۷ij	۴۸/۴۴efgh	Cd250
۴۸/۲۴	۴۳/۳۷	۴۲/۳۴	۵۹/۰۳	میانگین

منابع

1. Aydin, H. C., and Oker. 2001. In vivo Interaction Between Cadmium and Essential Trace Elements Copper and Zinc in Rats. *J Med Sci.* 31;127-129.
2. Baker, R., and F.S. Simpson. 1998. Cleanup Order Issued to Chroma Crankshaft. Sacramento, CA, California Environmental Protection Agency, Department of Toxic Substances Control: 1-2.
3. Blaylock, M.J, Salt, D.E, Doschenkov, S, Zakhrova, O., Gussman, C, Kapulnik, Y, Ensley, B.D., Raskin. 1997. Enhanced accumulation of Pb in Indian mustard by soil-applied chelating agents. *Environ. Sci. Technol.* 31: 860-865.
4. Cui, Y., D. Yiting, L. Haifeng, W. Qingren. 2004. Effect of elemental sulphur on solubility of soil heavy metals and their uptake by maize. *J. Environ International*, 30: 323-328.



Abstract

For investigation the efficiency of corn in cleaning of heavy metals from soil and the effect of different levels of heavy metals and alternation intensifier on growth and concentration of metals in corn plant one experiment performed in greenhouse of soil science department of Zanzan University in May 2008. in factorial experiment in style of quite random scheme with three frequency in each treatment, three level of sulfur (0,1,2 ton sulfur in hectare) and six level of cadmium (0,50, 100, 150, 200, 250 mg Cd in kg soil), have added to vases. Result of experiment illustrated that effect of different levels of cadmium and kind and concentration of intensifier on wet and arid weigh and concentration of other elements in plant is significant ($P < 0.01$). with increasing in level of cadmium in soil, concentration of cadmium in airy part of plant (leaf) and underground part (knot) increase but arid weight of airy and underground part has been decreased. Application of different additives cause increasing of concentration of cadmium in airy and underground part of plant but arid weight is decreasing. Concentration of iron, copper and manganese in airy part(leaf) decreased.

Keywords: Phytoremediation, Corn, Cadmium, Sulfur, Zinc, Iron, Copper, Managanese