نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره ۶ ، بهمن - اسفند ۱۳۸۹، ص ۹۶۴-۹۵۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 6, Jan. – Feb. 2011, p. 956-964

غیر پویا سازی سرب و روی در ضایعات معدن به وسیله زئولیت و سوپر فسفات تریپل و تأثیر آن بر رشد گندم

مهدی محمدی ثانی[۱]- علیرضا آستارایی[۲*]- امیر فتوت[۳] - امیر لکزیان[۴]

تاریخ دریافت: ۸۸/۶/۱۵
تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۱۹

چکیده

آلودگی فلزات سنگین در خاک و محیط زیست می تواند از طریق غیر پویا سازی این آلاینده‌ها کاهش یابد. تأثیر اصلاح کننده‌های شیمیایی شامل زئولیت در ۳ سطح صفر (Z_1)، ۵ درصد (Z_2) و ۱۰ درصد (Z_3) و سوپر فسفات تریپل در ۳ سطح صفر (P_1)، ۰/۲۵ درصد (P_2) و ۰/۵ درصد (P_3) بر غلظت سرب و روی در گیاه گندم و رشد گندم در ضایعات معدن در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. ضایعات مربوط به معدن سرب و روی اصفهان (باما) با غلظت کل سرب و روی به ترتیب ۲۳۰۰ و ۱۶۵۰۰ (میلی گرم در کیلوگرم) بود. غلظت سرب و روی در گندم و وزن خشک گندم *(رقم بم)* در ضایعات اصلاح شده در آزمایش گلخانه ای مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزودن زئولیت و فسفر باعث کاهش غلظت سرب در اندام هوایی و افزایش غلظت در ریشه گندم شدند. اثر متقابل زئولیت و فسفر نیز بر غلظت سرب در بخش هوایی و ریشه معنی دار نبود. اما در مورد عنصر روی فقط فسفر باعث کاهش غلظت در اندام هوایی و افزایش غلظت در ریشه گندم شد و اثر متقابل بین زئولیت و فسفر در کاهش غلظت روی در اندام هوایی و افزایش غلظت روی در ریشه مشاهده نشد. علاوه بر این رشد گندم در ضایعات معدن اصلاح شده با فسفر بهتر از رشد در ضایعات اصلاح نشده بود. زئولیت تأثیری بر رشد گندم نداشت. اما تأثیر متقابل زئولیت و سوپر فسفات تریپل در افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه معنی دار بود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، فلزات سنگین، اصلاح کننده‌های شیمیایی و تثبیت

مقدمه

استخراج و فرآوری مواد معدنی به خصوص معادن فلزی نقش مهمی در تخریب و آلودگی محیط زیست دارند. ضایعات معدن شامل خرده‌های مواد معدنی و مواد فرعی است که برای استخراج استفاده می شود. کانی‌های اصلی تشکیل دهنده این ضایعات معدنی شامل پیریت، دولومیت، کلسیت و اکسیدهای آهن و روی و سولفات سرب می باشد (۱). تخلیه ضایعات معدن و زه آبهای اسیدی حاوی غلظت‌های زیاد فلزات سنگین از این معادن بدون رعایت استانداردهای زیست محیطی باعث آلودگی آب، خاک، هوا، گیاهان طبیعی و محصولات زراعی در اطراف معدن شده و از این طریق آلاینده‌های فلزی وارد زنجیره غذایی انسان و دام می شوند. برخی مطالعات در مورد رژیم غذایی افرادی که در اطراف معادن سرب و روی وکارخانه‌های ذوب فلزات زندگی می کنند نشان داده که غلظت سرب و کادمیوم حداقل به میزان ۵۰ درصد در مواد غذایی که در محل تولید شده اند نسبت به مواد غذایی که از بیرون وارد می شوند بیشتر است (۳).

ضایعات معدن به جهت غلظت بالای فلزات سنگین می بایست به طور مصنوعی در سدها نگهداری شوند. این سدها در نزدیکی معادن قرار داشته و در واقع شامل زمین‌های بیابانی است که با خاک برداری و ساخت دیواره مورد استفاده قرار می گیرند. با این وجود سدها پتانسیل بالایی برای آلوده کردن زمین‌های کشاورزی اطراف معادن، آبهای زیر زمینی و سطحی و مناطق مسکونی اطراف معدن از طریق انتقال به وسیله باد دارند (۳). در حال حاضر تعداد زیادی از سدهای ضایعات معدن یا به صورت متروک و بی حاصل رها شده اند

۱، ۲، ۳ و۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: astaraei@ferdowsi.um.ac.ir)

و یا دارای پوشش گیاهی ضعیفی بوده که اکوسیستم منطقه را با مشکل مواجه می کند (۱۱). غلظت بالای نمک‌ها، کمبود عناصر غذایی، سمیت فلزات، pH کم، وزن مخصوص زیاد، ساختمان ضعیف، نفوذ پذیری کم، نگهداری کم آب و تهویه ضعیف از جمله محدودیت‌های فیزیکی و شیمیایی این ضایعات برای رشد گیاهان به شمار می روند (۱۷).

یکی از روش‌های کنترل ضایعات معدن استفاده از روش غیرپویاسازی شیمیایی فلزات سنگین در آن‌ها است. این روش با کاهش حلالیت فلزات سنگین باعث کاهش غلظت آن‌ها در گیاه می‌شود. تثبیت شیمیایی فلزات سنگین به دلیل هزینه کم و سرعت نسبتاً زیاد نسبت به روش‌های دیگر ارجحیت دارد. استفاده از اصلاح کننده‌ها از طریق مکانیسم‌های جذب سطحی، واکنش‌های اسید–باز، رسوب، اکسایش و کاهش، کمپلکس شدن، تبادل کاتیونی و هوموسی شدن باعث غیر پویا شدن و تثبیت فلزات سنگین در خاک می شوند. انتخاب افزودنی مناسب تحرک و فراهمی آلاینده را به سرعت کاهش داده و از آبشویی و جذب به وسیله گیاهان و موجودات زنده خاک جلوگیری می کند (۱۳).

استفاده از گیاهان نیز علاوه بر افزایش حاصلخیزی خاک می تواند خطرات زیست محیطی مانند آبشویی فلزات سنگین به آبهای زیرزمینی، فرسایش خاک و انتقال مواد آلاینده به آبهای سطحی را کاهش دهد (۶). تکنیک‌های فیزیکی و شیمیایی زیادی جهت کنترل گرد و غبار و تثبیت و پایدار سازی در برابر فرسایش آبی وجود دارد، اما جهت کنترل طولانی مدت و پایدار ضایعات معدن استفاده از گیاهان برای کنترل آلودگی و ایجاد فضای سبز لازم است (۱۸).

مواد مختلفی برای تثبیت شیمیایی عناصر سنگین در خاک به کار می رود. یک گروه از کانی‌ها که به طور گسترده ای جهت غیر فعال سازی فلزات سنگین در خاکها استفاده می شود زئولیت است. زئولیت دسته ای از آلومینوسیلیکات‌های متخلخل با بار منفی است که کارایی آن‌ها وابسته به ظرفیت تبادل کاتیونی و میزان منافذ ریز آن‌ها است. یکی از مهمترین خصوصیات زئولیت توانایی آن در ازدست دادن و جذب آب بدون آسیب دیدن ساختمان کریستالی آن است که این خصوصیت زئولیت را به ترکیب مفیدی برای آلودگی زدایی از خاک‌ها تبدیل کرده است (۳). از طرفی فسفر نیز می تواند با سرب و روی کانی پیرومورفایت را تشکیل داده و باعث کاهش حلالیت عناصر سنگین شود. سوپر فسفات تریپل (۰–۴۶–۰) از جمله کودهای فسفر است که حلالیت مناسبی در آب دارد که باعث واکنش پذیری بیشتر فسفر با عناصر سنگین خواهد شد.

گندم نیز یکی از مهمترین محصولاتی است که به طور مستقیم در زنجیره غذایی انسان قرار می گیرد، بنابراین غلظت فلزات سنگین در آن از اهمیت بالایی برخوردار است. این موضوع که گندم می تواند فلزات سنگین را از خاک جذب و بیش اندوزی کند؛ طی مطالعاتی در گذشته صورت گرفته است. همچنین گندم یک گیاه خشک و نیمه خشک زی، و سازگار با آب و هوای کشور نیز می باشد (۷ و ۸). هدف از اجرای این تحقیق مطالعه تأثیر زئولیت و سوپر فسفات تریپل بر غلظت سرب و روی در گیاه گندم و همچنین تأثیر این اصلاح کننده‌ها بر وزن خشک گیاه گندم بود.

مواد و روش‌ها

ضایعات معدن از سدهای مخصوص نگهداری آن‌ها از معدن سرب و روی باما (سومین معدن سرب و روی کشور) واقع در ۲۰ کیلومتری جنوب غرب اصفهان برداشت و پس از ۶ روز هواخشک کردن از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. سپس برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها تعیین شد (جدول ۲). توزیع اندازه ذرات ضایعات به صورت ۴۱/۴ ٪ شن، ۳۸ ٪ سیلت و ۲۰/۵ ٪ رس بود.

زئولیت طبیعی مورد استفاده از معدنی واقع در شمال شهرستان سمنان نمونه برداری شد پس از عبور از الک ۰/۰۲ میلیمتری به منظور تجزیه، با آب مقطر شستشو و کانی شناسی آن از روش پراش اشعه ایکس (XRD) تعیین شد که نشان داد ۸۰ درصد زئولیت مورد استفاده از کلینوپتیلولایت و بقیه از بنتونیت تشکیل شده است (جدول ۱).

کود پایه بر اساس تجزیه ضایعات به میزان , N=90, P=20 K=200 (میلی گرم در کیلوگرم) به ترتیب با ترکیبات کلرید پتاسیم، سوپر فسفات تریپل و اوره مصرف شد که اوره به صورت سرک و در ۳ مرحله مورد استفاده قرار گرفت. اصلاح کننده‌ها (زئولیت و سوپر فسفات تریپل) پس از آسیاب شدن با ضایعات به طور کامل ترکیب و به مدت ۴۰ روز تحت شرایط گلخانه ای و رطوبت ظرفیت زراعی بدون کشت قرار گرفتند.

جدول ۱ آنالیز عنصری و برخی خصوصیات زئولیت طبیعی (۲۲)

ترکیب شیمیایی	میزان
SiO_2	٪ ۶۴/۴
Al_2O_3	٪ ۱۲/۸
FeO_3	٪ ۱/۳۱
TiO_2	٪ ۰/۳۱
CuO	٪ ۲/۳۷
MgO	٪ ۱/۱۵
Na_2O	٪ ۱/۱۳
K_2O	٪ ۲/۶۴
P_2O_5	٪ ۰/۲۱
LiO*	٪ ۱۳/۱۹
pH	۷/۳
EC	۲/۸dS/m
CEC	۷۴/۸cmol/kg

* از دست رفته هنگام هضم

آزمایش در قالب طرح کاملا تصادفی با آرایش فاکتوریل شامل ۳ سطح زئولیت با مقادیر صفر (Z_1) ، ۵ درصد (Z_2) و ۱۰ درصد (Z_3) و ۳ سطح سوپر فسفات تریپل با مقادیر صفر ((P_1، ۰/۲۵ درصد (P_2) و ۰/۵ درصد (P_3) فسفر در ۳ تکرار انجام شد.

بذر گندم به تعداد ۸ عدد در گلدان‌های ۲/۲ کیلوگرمی کشت شد. پس از یک هفته در هر گلدان ۴ بوته نگه داشته شد. رشد گندم تا مرحله رسیدن نهایی دانه به مدت ۴ ماه ادامه داشت. مرگ بوته‌ها پس از حدود ۲۰ روز در تیمار شاهد مشاهده شد.

پس از برداشت نمونه‌ها بخش هوایی از ریشه جدا و با آب مقطر به دفعات و با فشار شستشو داده شد. سپس نمونه‌ها در آون تحت دمای ۷۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند تا خشک شوند. رشد گندم در تیمارهای مختلف به وسیله صفات مختلفی مثل وزن خشک بخش هوایی و وزن خشک ریشه مورد ارزیابی قرار گرفت. غلظت کل فلزات سنگین در اندامهای گیاه (ریشه و بخش هوایی) و در ضایعات معدن با محلول تیزاب سلطانی عصاره گیری و با دستگاه جذب اتمی قرائت شد.

نتایج بدست آمده با نرم افزار MSTAT-C تحلیل شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تأثیر اصلاح کننده‌ها بر pH ضایعات معدن

pH خاک مهمترین عامل موثر بر رفتار فلزات در خاک محسوب می شود (۱۹). تغییرات pH در ضایعات معدن که با مقادیر مختلف زئولیت و سوپر فسفات تریپل اصلاح شده بود بعد از گذشت ۱۰۵ روز از کشت گندم بدین شکل بودکه کاربرد توام ۰/۵٪ فسفر و ۱۰٪ زئولیت بیشترین تأثیر را در کاهش pH داشت. بین مقادیر مختلف زئولیت نیز تفاوت معنی داری در تأثیر بر pH مشاهده نشد. مقدار pH درتیمار شاهد (۷/۲۹)، Z_1P_2 (۷/۱۴)، Z_1P_3 (۶/۹)، Z_2P_1 (۷/۲۱)، Z_2P_2 (۷/۱۳)، Z_2P_3 (۶/۹۶)، Z_3P_1 (۷/۲۳)، Z_3P_2 (۷/۱۵)، Z_3P_3 (۶/۸۴) بود. آنالیز آماری نشان داد که فسفر در هر دو مقدار باعث کاهش معنی دار pH شده است. اما زئولیت تأثیری بر pH ندارد. کاهش pH در مطالعاتی دیگر که از ترکیبات با حلالیت زیاد مثل فسفات هیدروژن پتاسیم استفاده شده بود نیز مشاهده شد (۲۰).

اثر زئولیت و فسفر بر غلظت سرب

اندام هوایی

مقدار کل سرب و روی در ضایعات معدنی در جدول ۲ نشان داده شده است که گویای آلودگی شدید ضایعات معدن به سرب و روی است. نتایج حاصل از اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر غلظت سرب در بخش هوایی و ریشه گیاه گندم در شکلهای ۱ و ۲ نشان داده شده است. که حاکی از آن است که اصلاح کننده‌های به کار برده شده کارایی زیادی در کاهش غلظت سرب در گیاه گندم داشتند. در بین تیمارهای مختلف تیمار Z_1P_3 بیشترین تأثیر را در کاهش غلظت سرب در بخش‌های هوایی گیاه گندم داشت (۶ برابر).

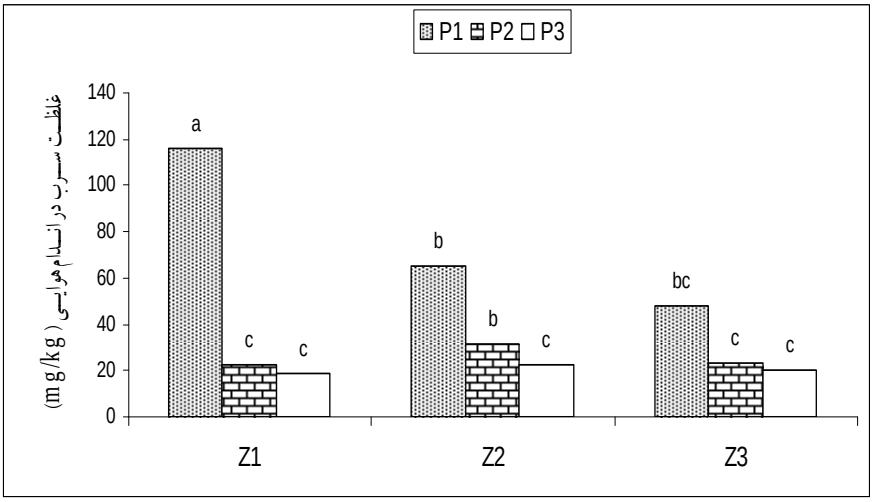
غلظت سرب در بخش هوایی گیاه گندم در ضایعات معدنی اصلاح شده با زئولیت نشان دهنده تأثیر معنی دار زئولیت بر غلظت سرب در بخش هوایی است. در تیمار Z_2P_1 معادل ۱/۷ برابر و در Z_3P_1 معادل ۲/۴ برابر کمتر از تیمار شاهد بود. اما بین مقادیر ۵ و ۱۰ درصد زئولیت تفاوت معنی داری در کاهش غلظت سرب در بخش هوایی مشاهده نشد که با نتایج سیمون که از ۸/۵ درصد زئولیت در ضایعات معدن استفاده کرده بود مطابقت نداشت (۱۶). تأثیر زئولیت در کاهش غلظت سرب در اندام هوایی گیاه گندم نسبت به تأثیر فسفر به مراتب کمتر بود که مشابه نتایج چنگ و همکاران با استفاده از ۱٪ زئولیت است (۱۱).

جدول ۲- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ضایعات

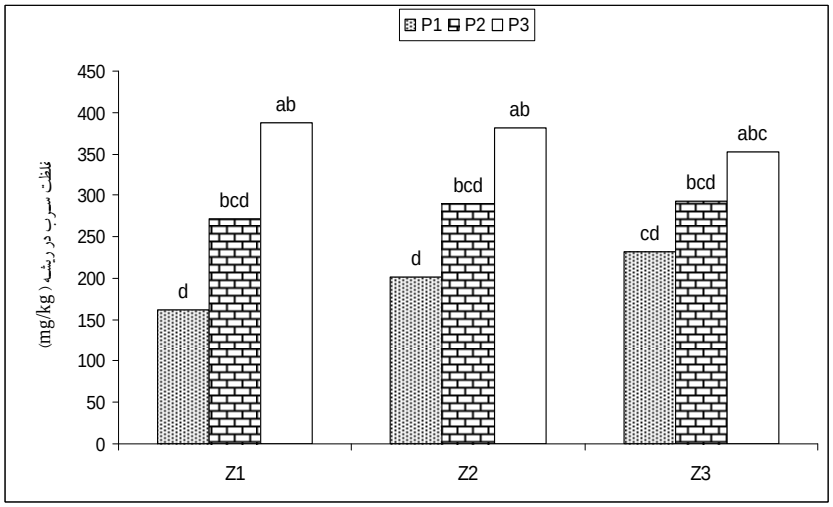
خصوصیات	واحد	میزان
pH	-	۷/۱
EC	dS/m))	۸/۲
CEC	(cmol/kg)	۱/۴
OC	٪	۰/۳
Total N	mg/kg	۱۱۰
P	mg/kg	۵
k	mg/kg	۴۴
Total Pb	mg/kg	۲۳۰۰
Total Zn	mg/kg	۱۶۵۰۰

غلظت سرب در بخش هوایی گیاه گندم در ضایعات معدن اصلاح شده با سوپر فسفات تریپل در تیمار Z_1P_2 معادل ۵/۲ برابر و در تیمار Z_1P_3 ۶/۱ برابر کمتر از تیمار شاهد بوده و نشان دهنده تأثیر مثبت فسفر در کاهش غلظت سرب در بخش هوایی گیاه است. اما بین دو مقدار فسفر تفاوت معنی داری در غلظت سرب مشاهده نشد. در تحقیقی با کاربرد فسفات کلسیم به عنوان اصلاح کننده نتایج کاهش ۷ برابری غلظت سرب در بخش هوایی گیاه گندم را نشان داد (۷).

غلظت سرب در بخش هوایی گیاهان کشت شده در تیمارهای ترکیبی زئولیت و سوپر فسفات تریپل، نشان داد که در تیمارهای Z_2P_2 ۳/۷ برابر، Z_2P_3 ۵/۲ برابر، Z_3P_2 ۴/۹ برابر و Z_3P_3 ۵/۶ برابر کمتر از تیمار شاهد بود. بین تیمارهایی که زئولیت و فسفر را همراه با هم دارشتند و تیمارهایی که تنها حاوی فسفر بودند تفاوت معنی داری مشاهده نشد. اما تیمارهای ترکیبی در مقایسه با شاهد و تیمار Z_2P_1 باعث کاهش میزان غلظت سرب در بخش هوایی شده است.



شکل ۱- تأثیر اصلاح کننده‌ها بر غلظت سرب در بخش هوایی گندم



شکل ۲- تأثیر اصلاح کننده‌ها بر غلظت سرب در ریشه گندم

به نظر می رسد تشکیل کانی پیرومورفایت در خاک و تثبیت سرب و فسفر در ریشه از عوامل کاهش سرب در اندام هوایی باشند (۹).

ریشه

غلظت سرب در ریشه گیاهانی که در ضایعات معدنی اصلاح شده با زئولیت رشد کرده بودند، تفاوت معنی داری با شاهد نداشت. غلظت سرب در ریشه گیاهانی که در ضایعات معدنی اصلاح شده با سوپر فسفات تریپل رشد کرده بودند، در تیمار Z_1P_2 ۱/۶ برابر و در تیمار Z_1P_3 ۲/۴ برابر بیشتر از تیمار شاهد بود. که با تیمار شاهد تفاوت معنی داری داشتند. اما بین دو مقدار سوپر فسفات تریپل تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (۸).

همانطوری که در شکل ۲ مشاهده می شود غلظت سرب در ریشه گیاهانی که در ضایعات معدنی اصلاح شده با ترکیب زئولیت و سوپر فسفات تریپل در مقایسه با تیمارهایی که فسفر به تنهایی دریافت کرده بودند به طور معنی داری افزایش نیافت.

در تحقیقی با کاربرد اصلاح کننده‌های شیمیایی مانند سنگ فسفات، سنگ آهک، سوپر فسفات تریپل، اسید فسفریک و اصلاح کننده‌های آلی به منظور تثبیت سرب مشخص گردید که سوپر فسفات تریپل و اسید فسفریک بیشترین کارایی را در کاهش سرب به شکل‌های محلول در آب، قابل استفاده برای گیاه و غلظت آن در بافت گیاهی داشت (۴).

فسفر اضافه شده به خاک، تحرک سرب به وسیله فرآیندهای تبادل یونی و رسوب به شکل کانی پیرومورفایت [Pb5 (PO4)3X; X = F, Cl, B Or OH] را کاهش می دهد. این کانی حلالیت و زیست فراهمی بسیار پایینی داشته و باعث تغییر شکل سرب از حالت فراهم به غیر فراهم می شود (۱۵).

سرعت و کارایی تثبیت سرب به حلالیت ترکیبات سرب و فسفر بستگی دارد. سوپر فسفات تریپل نیز که حلالیت مناسبی دارد کارایی خوبی در این خصوص گزارش شده است (۱۹). احتمالاً در سطح سلولهای ریشه، فسفات سرب (پیرومورفایت) تشکیل شده و رسوب می کند و تجمع سرب در ریشه را تحت تأثیر قرار می دهد (۱۴).

نسبت جذب در اندام هوایی به ریشه

دو تیمار Z_1P_2 و Z_1P_3 به ترتیب باعث کاهش حدود ۹ و ۱۳ برابری انتقال سرب از ریشه به بخش هوایی گیاه گندم شدند. که نسبت به شاهد این مقادیر معنی دار بود. اما بین دو مقدار فسفر تفاوت معنی داری در کاهش انتقال سرب از ریشه به بخش هوایی مشاهده نشد. زئولیت نیز باعث کاهش معنی دار (۲/۳ برابر) در تیمار Z_2P_1 و (۳/۵ برابر) در تیمار Z_3P_1 نسبت غلظت سرب در اندام هوایی به ریشه شد (شکل ۳). بین دو مقدار زئولیت تفاوت معنی داری در کاهش نسبت غلظت سرب در بخش هوایی به ریشه مشاهده نشد. به غیر از غیر پویا شدن سرب و روی در ضایعات اصلاح شده دلیل دیگر کاهش غلطت سرب و روی در تیمارها را می توان در افزایش زیست توده گیاه (اثر رقت) در این تیمارها دانست (۱۶).

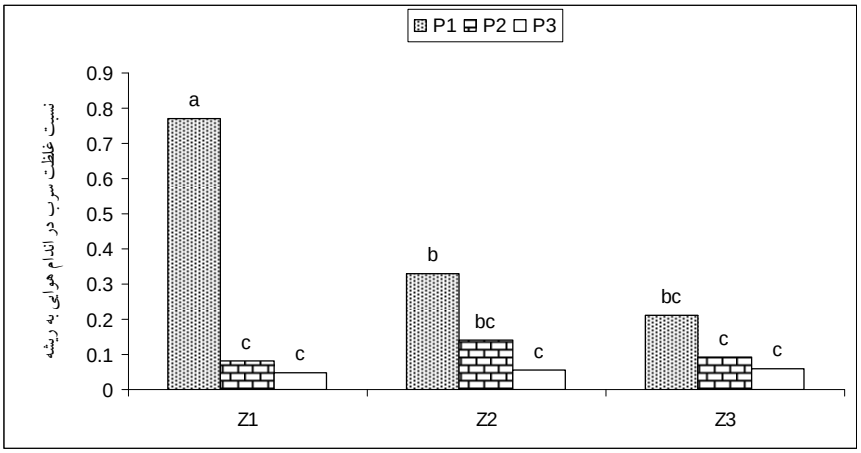
اثر زئولیت و فسفر بر غلظت روی

اندام هوایی

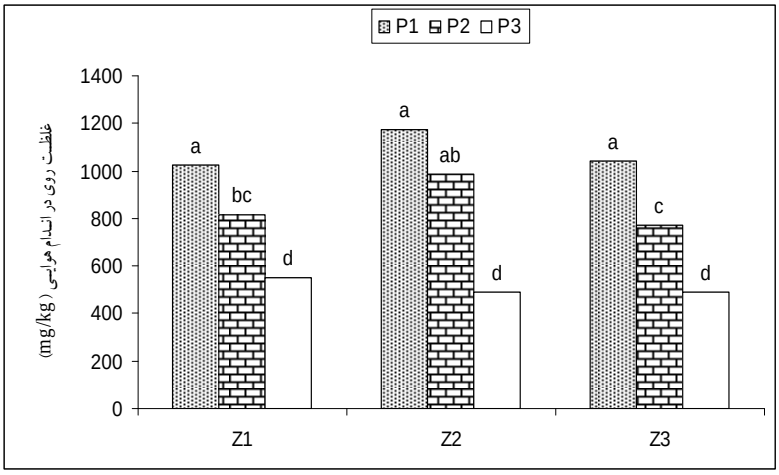
غلظت روی در اندام هوایی گیاه گندم در تیمارهای مختلف نشان داد که اصلاح کننده‌های شیمیایی مصرفی کارایی زیادی در کاهش غلظت روی در مقایسه با سرب در گیاه گندم نداشتند(شکل ۴). زئولیت به تنهایی نسبت به تیمار شاهد تأثیر معنی داری بر غلظت روی در گیاه نداشت، اما با نتایج تحقیق چلوپکا و همکاران در شرایط گلخانه ای مطابقت نداشت. در تحقیق آن‌ها زئولیت طبیعی (کلینوپتیلایت) به طور قابل ملاحظه ای غلظت روی در گیاهان ذرت و جو که در خاکی که به صورت مصنوعی با عنصر روی آلوده شده بود کاهش داد (۱۱،۱۰). بیشترین تأثیر در کاهش غلظت روی بخش‌های هوایی در تیمارهای Z_2P_3 و Z_3P_3 معادل ۲ برابر و Z_1P_3 معادل ۱/۸ برابر نسبت به شاهد Z_1P_1 مشاهده شده که نشان می‌دهد فسفر ۰/۵ درصد باعث کاهش معنی دار غلظت روی در گیاه گندم می شود (۱۹،۲۰).

ریشه

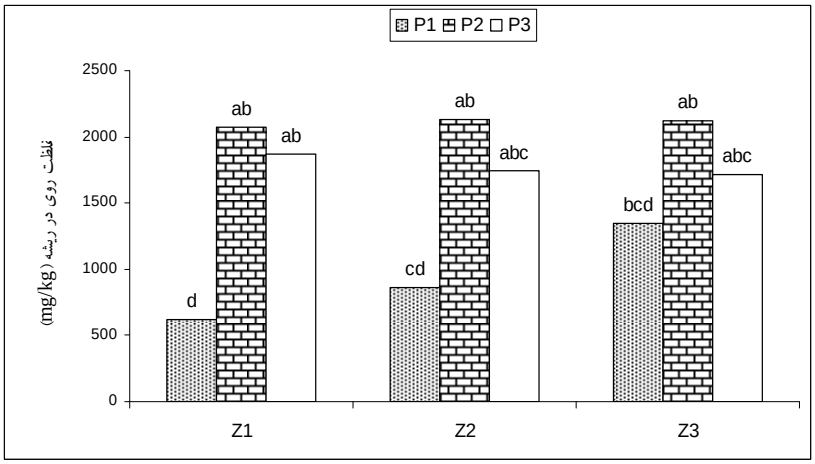
همانطوری که در شکل ۵ مشاهده می شود غلظت روی در ریشه گندم در ضایعات معدن اصلاح شده با زئولیت تفاوت معنی داری با تیمار شاهد نداشت. غلظت روی در ریشه گیاهان در ضایعات معدنی اصلاح شده با سوپر فسفات تریپل، در تیمار Z_1P_2 معادل ۳/۳ برابر و در تیمار Z_1P_3 معادل ۳ برابر بیشتر از تیمار شاهد بود. غلظت روی در ریشه گیاهانی که در ضایعات معدنی اصلاح شده با ترکیب زئولیت و سوپر فسفات تریپل، بدین شکل بود که در تیمارهای Z_3P_2 و Z_2P_2 معادل ۳/۴ برابر یعنی بیشترین میزان غلظت سرب ریشه در تیمار Z_2P_3 ۲/۸ برابر و تیمار Z_3P_3 ۲/۸ برابر بیشتر از تیمار شاهد بود. در مطالعه ای که از ترکیبات فسفر دار از جمله سوپر فسفات تریپل به منظور اصلاح خاکی آلوده استفاده شده بود کاهش غلظت سرب و روی هم در بخش هوایی و هم در ریشه گیاه کلم مشاهده شد (۸ و ۱۰).



شکل ۳- نسبت غلظت سرب در بخش هوایی به ریشه گیاه گندم



شکل ٤- تأثیر اصلاح کننده‌ها بر غلظت روی در بخش هوایی گندم



شکل ٥- تأثیر اصلاح کننده‌ها بر میزان غلظت روی در ریشه گیاه گندم

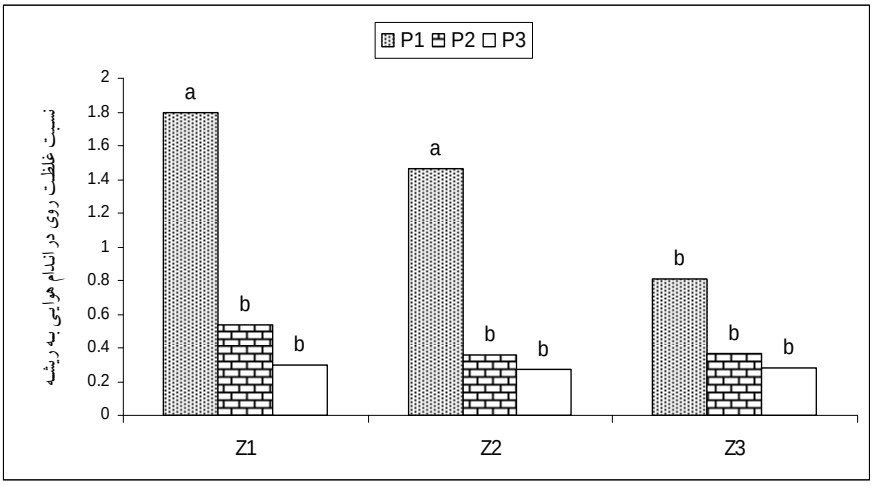
مصرف زیاد کودهای فسفر ممکن است باعث کاهش جذب روی به وسیله گیاه شود که احتمالا بدلیل رقیق شدن روی ناشی از تأثیر کودهای فسفر در اثر افزایش رشد گیاه، جلوگیری از جذب روی به خاطر وجود کاتیون‌هایی که همراه با کودهای فسفر به خاک افزوده می شوند (به ویژه کلسیم) و تأثیر فسفر بر جذب سطحی روی در خاک بر هیدروکسیدها و اکسیدهای آهن و آلومینیوم و کربنات کلسیم است (۱۷،۱۴).

نسبت جذب در اندام هوایی به ریشه

همانطوریکه در شکل ۶ مشاهده می شود انتقال سرب از ریشه‌ها به بخش هوایی در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای مختلف بیشتر بود. بیشترین کاهش در انتقال سرب از ریشه به بخش هوایی در تیمار Z_1P_3 به میزان ۱۵ برابر مشاهده شد. در مورد زئولیت انتقال سرب از بخش هوایی به ریشه نسبت به شاهد به ترتیب برای تیمارهای Z_2P_1 ۲/۲ برابر و Z_3P_1 ۳/۵ برابر مشاهده شد. که مقدار ۱۰٪ در کاهش انتقال روی از ریشه به بخش هوایی نسبت به شاهد تأثیر معنی داری داشت. تحقیقات نشان می دهد که بر هم کنشی میان فسفر و روی در گیاهان وجود دارد که مانع از جابجایی روی از ریشه‌ها به بخش هوایی می شود (۷،۲،۵).

اثر تیمارهای مختلف بر وزن زیست توده

به نظر میرسد که رشد گیاه گندم در این تحقیق بیشتر تحت تأثیر کاهش غلظت فلزات سنگین قابل استفاده باشد تا تغییرات شیمیایی ضایعات مثل تغییر اسیدیته و هدایت الکتریکی باشد. نتایج حاصل از اثر تیمارهای مختلف آزمایش بر وزن بخش هوایی و ریشه گیاه گندم در شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است. همچنین در تیمار شاهد بعد از حدود ۲۰ روز مرگ بوته‌ها مشاهده شد. بیشترین تأثیر را در افزایش وزن بخش هوایی گیاه گندم تیمار Z_2P_3 و Z_3P_3 به میزان ۳۱ برابر نسبت به شاهد داشتند.

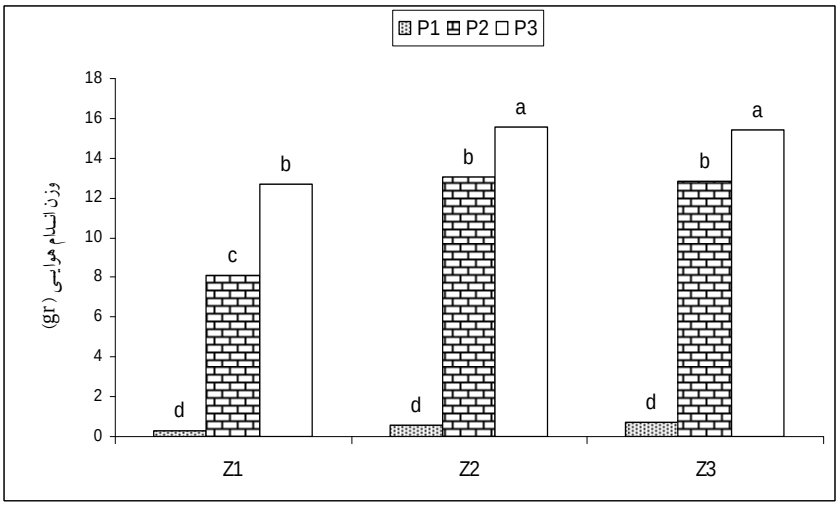


شکل ٦- نسبت غلظت روی در بخش هوایی به ریشه گیاه گندم

زئولیت به تنهایی در دو مقدار ۵ و ۱۰ درصد بر وزن بخش هوایی گیاه گندم تأثیر معنی داری نداشت. وزن بخش هوایی گیاه گندم در ضایعات معدنی اصلاح شده با سوپر فسفات تریپل در تیمار Z_1P_2 ۳۰ برابر و در تیمار Z_1P_3 ۴۷ برابر بیشتر از تیمار شاهد بود. همانطوریکه در شکل ۷ مشاهده می شود. بین دو مقدار فسفر هم تفاوت معنی دار مشاهده شد. در تحقیقی که از فسفات هیدروژن پتاسیم و زئولیت به ترتیب به میزان ۱/۵ و ۸/۵ درصد در ضایعات معدن استفاده شده بود وزن خشک بخش هوایی به ترتیب به میزان ۷۴ و ۱۶۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (۱۶).

با توجه به غلظت‌های بسیار زیاد سرب و روی در ضایعات معدن و اینکه مقادیر فسفر به کار برده شده بیش از نیاز گیاه است. و همچنین تامین فسفر مورد نیاز گیاه به وسیله کود پایه، دلیل افزایش وزن زیست توده گیاه گندم را می توان در تثبیت عناصر سرب، روی به وسیله فسفر در ضایعات و تشکیل کانی پیرومورفایت دانست. بنابراین فراهمی این فلزات برای گیاه کاهش یافته و از سمیت این عناصر برای گیاه کاسته می شود (۱۷،۱۸).

زئولیت و فسفر همراه با هم در سطوح پایین زئولیت یعنی Z_2P_3 نسبت به Z_1P_3 با نسبت ۱/۲ و Z_2P_2 نسبت به Z_1P_2 با نسبت ۱/۶ برابر باعث افزایش وزن بخش هوایی شد. دلیل آن را می توان به این نسبت داد که زئولیت با توجه به بار منفی، ظرفیت تبادلی، منافذ ریز و خاصیت جذب سطحی بالا همراه با فسفر باعث غیر پویا شدن سرب می شود (۹).



شکل ۷- اثر اصلاح کننده‌ها بر وزن بخش هوایی گندم

در مطالعه ای وزن خشک بخش هوایی گیاه گندم در گیاه شاهد ۲/۷ گرم در هر گلدان بود که با افزودن ۲۵٪ زئولیت به خاک به ۵ گرم در هر گلدان رسید و با افزودن ۵۰٪ زئولیت کاهش شدیدی در وزن خشک بخش هوایی گیاه گندم مشاهده شد و با افزودن ۷۵٪ زئولیت عملاً رشدی در گیاه مشاهده نشد (۱۵،۱۲).

همانطوریکه در شکل شماره ۸ مشاهده می شود زئولیت به تنهایی نقشی در افزایش وزن ریشه گندم نداشت. اما فسفر در هر دو مقدار ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد نسبت به شاهد باعث افزایش وزن ریشه شد. اما تأثیر معنی دار بین دو سطوح فسفر مشاهده نشد. فقط بین تیمار Z_2P_2 و تیمار Z_1P_2 اختلاف معنی داری بین وزن ریشه گیاه وجود داشت که نشان دهنده وجود اثر متقابل زئولیت و فسفر در سطح پایین زئولیت است.

وقتی خاک از نظر فسفر غنی باشد افزایش فسفر تأثیری در نمو ریشه ندارد ولی نمو تاج را تشویق می کند که در این صورت نیز نمو نسبی ریشه به تاج کاهش نشان می دهد. علت این موضوع را هم باید در تغییر مقدار نسبی مواد هیدروکربنه در گیاه و نقل و انتقال آن بین ریشه و تاج دانست (۷). در مطالعه دیگری که از منابع مختلف فسفر از جمله سوپر فسفات تریپل در خاک‌های آلوده به سرب و روی استفاده شده بود افزایش معنی دار وزن خشک ریشه و اندام هوایی مشاهده شد (۱۱،۹).

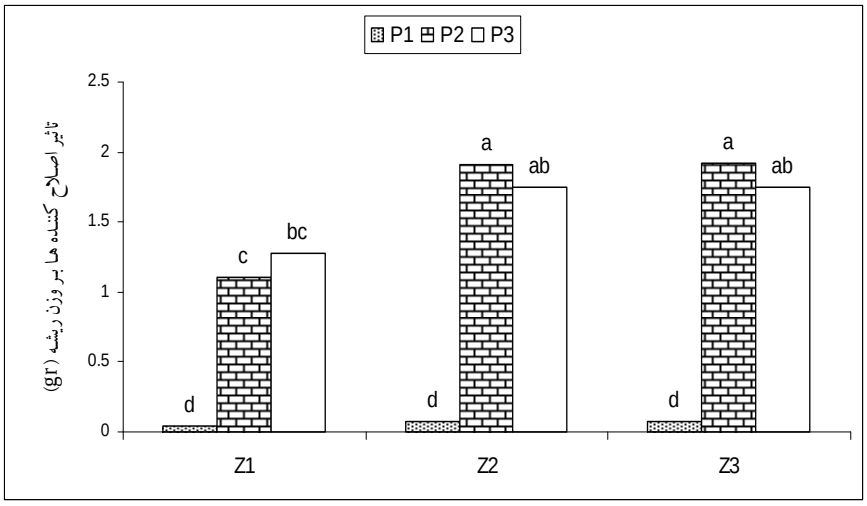
تأثیر مثبت سوپر فسفات تریپل و زئولیت بر رشد گندم را می توان در کاهش سمیت فلزات که با تجزیه بافت گیاهی مشخص شد و یا بهبود وضعیت تغذیه گیاه و یا هر دو مورد مرتبط دانست (۸ ،۱۰،۹).رشد گیاه گندم ممکن است تحت تأثیر غلظت بسیار بالای فلزات سنگین به شکل قابل استفاده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی ضایعات قرار گرفته باشد. بر اساس تحقیقات انجام شده افزودن اصلاح کننده‌ها به خاک سمیت فلزات سنگین را کاهش می دهد و بر رشد گیاه تأثیر مثبت دارد (۷،۹).

در مطالعه ای کاربرد زئولیت، غلظت روی و سرب را در دانه جو کاهش داد اما تأثیری بر عملکرد گیاه نداشت در عین حال با استفاده از ۱۵ گرم زئولیت در یک کیلوگرم خاک کاهش قابل ملاحظه ای در بخش تبادلی سرب، روی و کادمیوم مشاهده شد. به عنوان مثال با استفاده از زئولیت غلظت روی در بخش تبادلی از ۲۳۷ به ۱۸۹ میلی گرم در کیلوگرم خاک رسید (۱۳،۱۰).

نتیجه گیری

افزودن زئولیت و فسفر باعث کاهش غلظت سرب در اندام هوایی و افزایش غلظت در ریشه گندم شدند. بین دو مقدار زئولیت و فسفر استفاده شده نیز اختلاف معنی داری مشاهده نشد. اثر متقابل زئولیت وسوپر فسفات نیز بر غلظت سرب در بخش هوایی و ریشه معنی دار نبود. اما در مورد عنصر روی فقط فسفر باعث کاهش غلظت در اندام هوایی و افزایش غلظت در ریشه گندم شد و اثر متقابل بین زئولیت و فسفر در کاهش غلظت روی در اندام هوایی و افزایش غلظت روی در ریشه مشاهده نشد.

به طور کلی سرب و روی جذب شده به وسیله گندم عمدتاً در ریشه تجمع پیدا کرده اند. که با سایر تحقیقات در این زمینه هماهنگی دارد (۳،۵). انتقال سرب و روی از ریشه به بخش هوایی در تیمار شاهد در مقایسه با تیمارهای دیگر بیشتر بود. اما گیاهانی که در ضایعات تیمار شده با اصلاح کننده‌ها رشد کردند کمترین میزان غلظت سرب و روی در آن‌ها دیده شد



شکل ۸ – اثر اصلاح کننده‌ها بر وزن ریشه گیاه گندم

علاوه بر این رشد گندم در ضایعات معدن اصلاح شـده بـا فسـفر بهتر از رشد در ضایعات اصلاح نشده بود. زئولیت تأثیری بر رشد گندم نداشت. اما تأثیر متقابل زئولیت و سوپر فسفات تریپل در افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه معنی دار بود.

منابع

۱- سالاردینی، ع. ۱۳۷۴ حاصلخیزی خاک انتشارات دانشگاه تهران.

۲- عرفان منش، م. و افیونی م. ۱۳۷۹. آلودگی محیط زیست (آب، خاک و هوا) انتشارات ارکان اصفهان.

3- Ansari Mohamadi, A., M.A., Hajabbasi., H., Khademi., and H., Kazemian. 2007. Soil cadmium stabilization using an Iranian natural Zeolite. Geoderma, 137: 388-393.

4- Brown, S., B, Christensen., E., Lombi., M., Mclaughlin., S., Mcgrath., J., Copier., and J., Vangrosveld. 2005. An inter-laboratory study to test the ability of amendments to reduce the availability of Cd, Pb and Zn. In Situ Environmental Pollution, 138: 34-45.

5- Castaldi, p., L. Santona., and P. Melis. 2005. Heavy metal immobilization by chemical amendments in a polluted soil and influence on white lupin growth. Chemosphere, 60: 365-371.

6- Chen Z.S., G.J, Lee., and J.C., Liu. 2000. The effects of chemical remediation treatments on the extractability and speciation of cadmium and lead in contaminated soils. Chemosphere, 41: 235-242.

7- Cholpecka, A. and D.C. Adriano. 1996. Influence of Zeolite, apatite, and Fe-oxide on Cd and Pb uptake by crops. Sci. Total Environ. 207, 195-–206.

8- Coppola, E.I., G., Battaglia., M., Bucci., D., Ceglie., A., Colella., A., Langella., A., Buondonno and C., Colella. 2003. Remediation of Cd- and Pb-polluted soil by treatment with organozeolite conditioner. Clay Miner. 51, 609-615.

9- Kumpiene, J., Lagerkvis, At., and Maurice, Ch. 2007 Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments: A review. Waste Management,

10- Misra, V., and Chaturvedi, P. K. 2007. Plant uptake/bioavailability of heavy metals from the contaminated soil after treatment with humus soil and hydroxyl apatite. Environ Mmonit. Assess. 133:169-176.

11- Raicevic, S., Kaludjerovic-Radoicic, T., Zouboulis, A.I. 2004. In situ stabilization of toxic metals in polluted soils using phosphates: Theoretical prediction and experimental verification. Journal of Hazardous Materials, B117 :41-53.

12- Rebedea, I., 1997 An investigation in to the use of synthetic zeolite for in situ land reclamation. Ph.D. Thesis, John Moors University, Liverpool. UK.

13- Scheckel, K., and J., Ryan. 2003. In vitro formation of pyromorphite via reaction of Pb source with soft-drink phosphoric acid. Science of The Total Environment. 302, 253-265.

14- Vishnu, P., K., Gadepalle S., R. Ouki, R., Van Herwijnen and T., Hutchings. 2007. Immobilization of heavy metals in soil using natural and waste materials for vegetation establishment on contaminated sites. Soil and Sediment Contamination, 16:233–251.

15- Wong, M.H., 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. Chemosphere. 50: 775–780.

16- Ye, Z.H., W.C., Wong., M., Wong, C., Lan., and A.J.M., Baker. 1998. Lime and pig manure as ameliorants for re-vegetating lead/zinc mine tailings: A greenhouse study. Bioresource Technology. 69: 35-43.

17- Zhu, Y., S, Chen., and J., Yang. 2003. Effect of soil amendment on lead uptake by two vegetable crops from a lead-contaminated soil from Anhui, China. Environmental International, 30: 351-356.

18- Zorpas, A.A., T. Constantinides, A.G. Vlyssides, I. Haralambous, M. Loizidou. 2000. Heavy metal uptake by natural zeolite and metals partitioning in sewage sludge compost, Biores. Technol. 72 :113–119.

19- Zorpas, A.A., E. Kapetanios, G.A. Zorpas, P. Karlis, A. Vlyssides, I. Haralambous, and M. Loizidou. 2000. Compost produced from organic fraction of municipal solid waste, primary stabilized sewage sludge and natural zeolite. Hazard. Mater. 77: 149–159.

20- Zwonitzer1, J., G. Pierzynski, M. Ganga, and A. Hettiarachchi. 2003. Effects of phosphorus additions on lead, cadmium, and zinc bioavailability in a metal-contaminated soil. Water, Air, and Soil Pollution 143: 193-209.