بررسی گیاه‌پالایی خاک‌های آلوده به عناصر سنگین وآلاینده‌های نفتی در اراضی کشاورزی (مطالعه موردی: استان بوشهر)

مرتضی پوزش شیرازی [۱] ، رسول میرخانی [۲]
۱-عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، ۲- عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب

چکیده
توسعه سریع صنایع نفت و گاز در استان بوشهر و سوختن و پراکنش مواد حاصل از فرایند مشتقات نفتی در منطقه، منابع خاك و آبی این مناطق را به شدت تحت تاثیر قرار داده است. غلظت زیاد آلاینده های نفتی و عناصر سنگین در خاك علاوه بر تأثیر گسترده بر اکوسیستم منطقه، باعث جذب بیشتر این آلاینده ها توسط گیاه شده و می تواند با ورود به زنجیره غذایی سبب بروز بیماری های مختلف برای انسان و سایر موجودات زنده گردد. جهت مشخص نمودن میزان اثرات نامطلوب مواد فوق در محصولات کشاورزی، طرح تحقیقاتی در ایستگاه علوم دامی شهرستان تنگستان به اجرا درآمد. تیمارهای این طرح عبارت بودند از ۵ رقم گیاهان زراعی و مرتعی غالب در منطقه شامل: گندم، گوجه فرنگی، یونجه، اسفند و کرچك. نتایج حاصل از تجزیه نمونه های گیاهی بیانگر تجمع زیاد نیکل در دانه محصولات زراعی بخصوص کرچک و گندم بود. همچنین مقدار قابل توجهی کادمیوم نیز در اندام هوایی و میوه گوجه فرنگی تجمع یافته بود که با توجه به اهمیت این محصول در استان، این مسئله بایستی مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: گیاه‌پالایی، آلودگی، عناصر سنگین، آلاینده‌های نفتی، محصولات زراعی، استان بوشهر.

مقدمه
امروزه آلودگی محیط زیست یکی از مشکلات اساسی به شمار می‌رود که جوامع بشری با آن روبرو هستند. افزایش جمعیت، توسعه شهر ها، توسعه کشاورزی و صنعت و مدیریت نادرست آنها و دخالت بی رویه بشر در طبیعت در بسیاری از مناطق، کیفیت آب و خاک را به گونه‌ای فزاینده تخریب و تنوع وسیعی از آلودگی فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی را در ارتباط با عناصر سنگین در برداشته است. همچنین استفاده از منابع نفتی در مقیاس وسیع در حال افزایش است (دبیری، ۱۳۷۹). که موجب افزایش آلاینده های نفتی می گردد. انتشار آلاینده‌های نفتی و به دنبال آن افزایش غلظت این مواد در خاك و گیاه به شکل مستقیم در اطراف تأسیسات اکتشاف، پالایش و مسیرهای انتقال نفت (و یا مواد نفتی) و به شکل غیرمستقیم از طریق سوختن گازهای همراه نفت و حتی آتش سوزی در چاه‌های نفت صورت می‌گیرد. پالایش بسیاری از آلاینده‌ها، بدلیل پرشمار بودن انواع مواد شیمیایی، پیچیده و دشوار است(Glick، ۲۰۰۳). زیرا خاک ممکن است به یک یا چند فلز(سرب، روی، سلنیم، کرومیوم، کبالت، مس، نیکل و جیوه)، ترکیبات رادیواکتیوی(اورانیوم، سزیوم و یا استرانسیوم)، ترکیبات غیرآلی(آرسنیک، سدیم، نیترات، آمونیوم یا فسفات) و یا ترکیبات آلی(تری‌کلرواتیلن، تری‌نیتروتولوئن (TNT) ، بنزن و آفت‌کشها مانند اترازین و بنترازون) آلوده شده باشد.
از میان آلاینده‌ها، فلزات سنگین به دلیل غیرقابل تجزیه بودن و آثار زیان بار فیزیولوژیک بر جانداران در غلظتهای کم، اهمیتی ویژه دارند(Alloway، ۱۹۹۰). کادمیم، سرب، نیکل و وانادیم از جمله فلزات سنگینی هستند که از منابع گوناگون به آب و خاك، گیاه و نهایتاً به زنجیره غذایی انسان و حیوانات راه می‌یابند و خسارتهایی جدّی به بار می‌آورند. لذا، انجام پژوهشهایی در راستای زدودن آنها از محیط زیست ضروری است.
عنصر کادمیم در سال ۱۸۱۷ در آلمان توسط Friedrich Stromeyer کشف شد. وی این عنصر جدید را درون یک ناخالصی در کربنات روی پیدا کرد (کالامین). کادمیم به شکل سولفید یا ترکیب با عناصر دیگر به صورت ناخالصی در معادن سنگ روی، مس و سرب یافت می‌شود. غلظت کادمیم در مواد غذایی غیرآلوده کمتر از ۱/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر است. این مقدار در فراورده‌های لبنی، تخم‌مرغ، گوشت ماهی و گوساله کمتر از ۰۱/۰ و در سبزیها، میوه‌ها و دانه‌ها بیش از ۱/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۹). غلظت مجاز کادمیم از ۱ تا ۵ و برای سرب از ۵۰ تا ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (Cariny, ۱۹۹۵). کادمیم از معدود عناصری است که هیچگونه نقش ساختاری و بیولوژیکی در بدن انسان ندارد. این عنصر و محلول ترکیبات آن حتی به میزان بسیار کم سمی هستند.
میزان جذب کادمیم بوسیله گیاه به تحرّک و فراهمی آن در محیط ریشه و آن نیز به نوبه خود به گونه شیمیایی کادمیم در خاک بستگی دارد. ویژگیهای خاک مانند ظرفیت تبادل کاتیونی خاک، pH و ماده آلی خاک بر تجمع کادمیم در گیاه و حلالیت و تحرّک آن در خاک تاثیر می‌گذارند. برخی گیاهان مانند کاهو، اسفناج، کلم و کرفس تمایل بیشتری به جذب کادمیم داشته و آن را با غلظتی بسیار بیشتر از سایر گیاهان در پیکره خود می‌اندوزند(Sajwan, et al. ، ۱۹۹۶).
جذب کادمیم بوسیله گیاه و ورود آن به زنجیره غذایی سلامت انسانها و حیوانات را به گونه‌ای جدّی تهدید می‌کند. کادمیم نسبتاً به آسانی بوسیله دستگاه گوارش و یا ریه انسان جذب می‌شود ولی دفع کادمیم بسیار کند است. نیمه‌عمر بیولوژیکی آن در بدن انسان ۳۰-۱۰ سال است. تقریباً نیمی از کادمیم جذب شده در کبد و کلیه‌ها انباشته می‌شود (Lin و ۱۹۹۷، Schorr).

مواد و روش‌ها

در ابتدا از خاك تمام ایستگاههای تابعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر که در سطح استان پراکنده می‌باشند، نمونه برداری صورت گرفت و جهت تجزیه در آزمایشگاه معتبر مورد تأیید مؤسسه محترم تحقیقات خاك و آب کشور به آن مؤسسه ارسال گردید. با توجه به نتایج به دست آمده، خاك ایستگاه علوم دامی اهرم بعلت بالا بودن مقادیر مواد آلاینده نفتی نسبت به سایر ایستگاهها، جهت اجرای طرح گیاه پالایی انتخاب گردید.

منطقه مورد نظر کاملاً دست نخورده بوده و در خاك آن قبلاً کشاورزی صورت نگرفته بود و از اینرو نیازمند جمع آوری سنگها و خروج آنها از محل بود. طرح گیاه پالا یی در کرتهایی به ابعاد ۳×۳ متر با فاصله ردیف ۵/۰ متر از هم و فاصله یك متر بین تکرارها در زمینی به مساحت تقریبی ۵۰۰ متر مربع بر روی زمین اصلی اجرا گردید. تیمارهای این طرح عبارت بودند از ۵ رقم گیاهان زراعی و مرتعی غالب در منطقه شامل: گندم، گوجه فرنگی، یونجه، اسفند و کرچك. نتایج حاصل از تجزیه نمونه های گیاهی بیانگر تجمع زیاد نیکل در دانه محصولات زراعی بخصوص کرچک و گندم بود.

با توجه به حساس بودن بذور برخی از گیاهان به شرایط نامناسب محیطی مانند گرما و شوری آب و خاك، بذر این گیاهان در گلخانه کشت شد تا در زمان مناسب به زمین اصلی انتقال یابد. در آبان ماه به تدریج نشاهای تولید شده در گلخانه به زمین اصلی منتقل شده و کشت گردیدند. عملیات آبیاری، سم‌پاشی و کوددهی نیز بر اساس دستورالعمل پروژه تحقیقاتی برای تمام تیمارها صورت پذیرفت. کلیه موارد مورد نیاز تیمارها از جمله ایجاد پوشش پلاستیکی جهت جلوگیری از سرمازدگی گیاه گوجه فرنگی نیز فراهم گردید.

پس از اتمام مراحل رشد رویشی و زایشی گیاهان کشت شده در طرح، بر اساس زمان لازم برای هر کدام از آنها برداشت صورت گرفته و پس از تقسیم اندام هوایی به برگ و ساقه و محصول و شستشوی آنها، نمونه‌ها در آون ۶۰ درجه خشك شده و جهت ارسال به آزمایشگاه مؤسسه خاك و آب در کرج آماده شدند. نمونه‌های خاك نیز از عمق توسعه ریشه در هر کدام از تیمارها تهیه شده و پس از انجام عملیات آماده سازی نمونه‌ها به محل مؤسسه ارسال گردید.

نتایج و بحث

نمونه‌های تهیه شده از گیاهان مختلف در هشت گروه تقسیم بندی شدند که عبارت بودند از: گندم (اندام هوایی - دانه) ، یونجه ، اسفند ، گوجه فرنگی (اندام هوایی - میوه) ، کرچك (اندام هوایی - دانه).

بر اساس نتایج به دست آمده، میزان آلاینده‌های نفتی در نمونه‌های گیاهی مختلف کمتر از ۱/۰ میکروگرم بر کیلوگرم برای اکثر آن‌ها بوده است. تنها میزان Benzo[a]pyrene در دو گیاه گندم و گوجه فرنگی تا حد چشمگیری (حداکثر ۳/۲۰ میکروگرم بر کیلوگرم) افزایش یافته است.

مقدار عناصر سنگین مانند وانادیوم و سرب نیز در تیمارهای مختلف بسیار ناچیز اندازه‌گیری شد. البته، مقدار سرب در اندام هوایی گیاه گندم به میزان ۷/۳۲ میکروگرم بر کیلوگرم بالغ گردید.

میزان نیکل و کادمیوم موجود در اندام گیاهی تیمارهای مختلف بیش از سایر عناصر بوده که جدول تجزیه واریانس آن بصورت جدول (۱) می‌باشد:

جدول ۱- تجزیه واریانس عناصر سنگین در نمونه‌های گیاهی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		نیکل	کادمیوم
تکرار	۲	ns ۱/۳۶۷	ns ۷/۷۳۰
تیمار	۷	ns ۵/۶۰۸	۶۹۰۸۳ **
خطا	۱۴	۱/۹۰۴	۱۰۳۷۲
کل	۲۳	۱۵۴۹۲	۸۰۱۸۶

ns و ** به ترتیب فاقد اختلاف معنی دار و معنی دار در سطح یك درصد

مقایسه میانگین تیمارها با روش دانکن نشان داد که بیشترین تجمع کادمیوم در اندام هوایی و میوه گیاه گوجه فرنگی به ترتیب با ۵/۱۷۵ و ۳/۱۰۵ میکروگرم بر کیلوگرم بود.

مقایسه میانگین تیمارها با روش دانکن نشان داد که بیشترین تجمع نیکل در دانه گیاه کرچك و همچنین در دانه گیاه گوجه فرنگی به ترتیب با ۳/۱۷۹۳ و ۷/۹۱۶ میکروگرم بر کیلوگرم بود. جدول (۲):

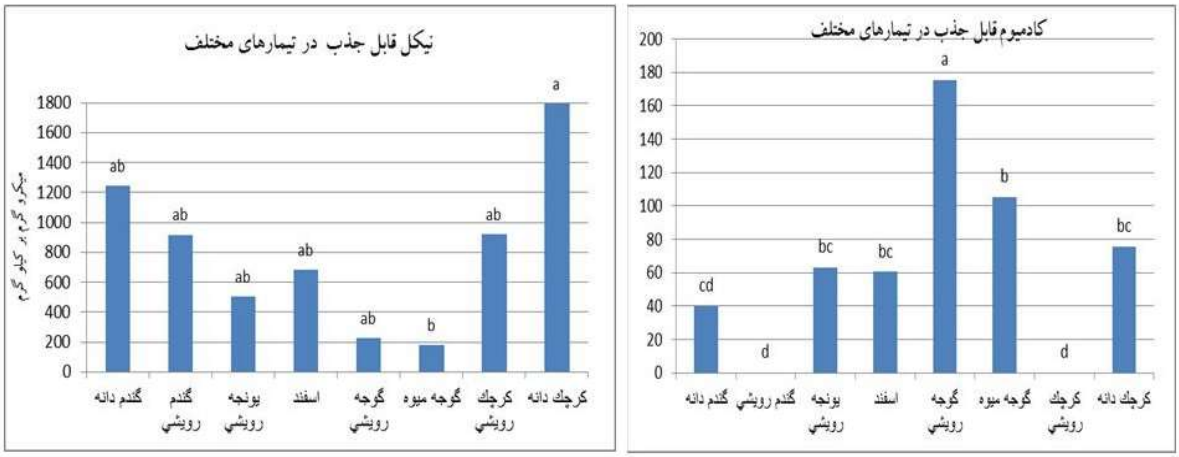
جدول ۲- مقایسه میانگین اثر گیاهان مختلف بر میزان نیکل و کادمیوم

تیمار / عنصر سنگین	گندم (دانه)	گندم (اندام هوایی)	یونجه	اسفند	گوجه (اندام هوایی)	گوجه (میوه)	کرچك (اندام هوایی)	کرچك (دانه)
کادمیوم	cd۲/۴۰	d۰/۰	bc۱/۶۳	bc۵/۶۰	a۵/۱۷۵	b ۳/۱۰۵	d۰/۰	bc۵/۷۵
نیکل	ab ۱۲۴۵	ab ۷/۹۱۶	ab ۴/۵۰۱	ab ۷/۶۸۱	ab ۳/۲۲۶	b ۶/۱۸۰	ab ۳/۹۲۰	a ۳/۱۷۹۳

میانگین هایی که دارای حرف کوچك مشترك هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵% تفاوت معنی داری ندارند.

با توجه به نتایج به دست آمده مشخص گردید که محل تجمع نیکل عمدتاً در دانه محصولات زراعی می باشد به گونه ای که دانه کرچک و دانه گندم به ترتیب بیشترین مقدار نیکل تجمعی را به خود اختصاص داده اند (نمودار زیر سمت راست). نتایج حاصل از تجزیه گیاهان مختلف در تیمارها نشان داد که گیاه گوجه فرنگی بیشتر از سایر گیاهان قادر به تجمع کادمیوم بوده و از اینرو خطر آلودگی این محصول به عنصر آلوده کننده کادمیوم به مراتب بیشتر از سایر گیاهان است. این امر با توجه به آنکه گیاه گوجه فرنگی از مهمترین و اقتصادی ترین محصولات زراعی استان در فصل زمستان به شمار می رود، از حساسیت بالاتری برخوردار است (نمودار زیر سمت چپ). دانه گیاه روغنی کرچک دارای قدرت جذب نیکل و کادمیوم بالایی بوده و از اینرو در مناطقی که خطر آلودگی به عناصر سنگین فلزی وجود دارد، استفاده از این گیاه در اعمال گیاه پالایی از اهمیت خاصی برخوردار است.

نمودار ۱- میزان کادمیوم و نیکل جذب شده در تیمارهای مختلف



نتایج حاصل از مقایسه میانگین خاکهای مختلف پس از اعمال تیمارها نشان داد که گیاه گندم توانسته است بیشترین جذب کادمیوم را از خاک صورت دهد به گونه ای که کمترین مقدار این عنصر آلاینده را می توان در خاک رویش یافته گندم مشاهده کرد. با روشی مشابه مشاهده گردید که گیاه یونجه بیشترین جذب سرب و نیکل را داشته است. از میان انواع آلاینده های هیدروکربنی ، تنها فلورن (Fluorene) دارای تغییرات معنی دار در خاک تیمارهای مختلف بوده و گیاه کرچک بیشترین جذب این ماده را از خاک داشته است. سایر مواد هیدروکربنی در خاک دارای جذب یکسانی توسط ریشه گیاهان بوده و ازاینرو تفاوت معنی داری بین آنها مشاهده نگردید.

منابع

ملکوتی، م.ج.، م. ترابی و س. ج. طباطبایی. ۱۳۷۹. اثرات سوء کادمیم و روشهای کاهش غلظت آن در محصولات کشاورزی (قسمت اول). نشر اموزش کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنّی شماره ۸۷، ۲۵صفحه.
دبیری، م.۱۳۷۹. الودگی محیط زیست ۰هوا،آب، خاک،صوت) انتشارات اتحاد.

Alloway, B.J. ۱۹۹۰. Heavy metals in soils: Lead. Blackie and Glasgow. Ltd. London. Pp.۱۷۷-۱۹۶.
Cariny, T. ۱۹۹۵. The re-use of contaminated land. John Wiely and Sons Ltd. Publisher. pp. ۲۱۹.
Glick, B.R. ۲۰۰۳. Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment. Biotechnology Advances. ۲۱:۳۸۳-۳۹۳.
Lin, J. and M. Schorr. ۱۹۹۷. A challenge for the phosphate industry: Cd removal. Phosphorus and Potassium. No. ۲۰۸:۲۷-۳۱.
Sajwan , K. S., W. H. Ornes, T. V. Youngblood and A. K. Alva. ۱۹۹۶. Uptake of soil applied Cadmium, Nickel and Selenium by Bush Beans. Journal of Water, Air and Soil Pollution. ۹۱:۲۰۹-۲۱۷.

Abstract

High concentration of oil contaminant in soils besides a devastated effect on ecosystems caused more uptakes of them by plants and then entrance to human and other live organisms food chains in addition to underground water consequently occurrence of diseases in their environment.One survey consist of five provincial projects which four

of them in order to investigate of the capability of phytoremediation of heavy metals and oil contaminated soils in Bushehr province in a randomized complete blocks design were conducted. province one cereal crop (wheat), one vegetable crop (tomato) , one privilege range plants (alfalfa) and two local plants (Castorbean and Peganum harmala) on experimental field in three replications were selected.After sending the soils samples of five stations to soil and water research institute for analysis, one heavy metal and oil contaminated region was chosen. Heavy metals and oil contaminants in soil and plants were measured and collected data were analyzed by Mstatc statistical softwear. Results showed that high concentrations of Nickel were collected in the seeds of Castorbean and wheat. Also, more Cadmium was measured in Tomato leaves and fruits in compare with other crops.