بررسی گیاه پالایی خاک‌های آلوده به عناصر سنگین و آلاینده‌های نفتی در اراضی کشاورزی کهگیلویه و بویراحمد

محمد رضا چاکرالحسینی[۱]، رسول میرخانی[۲]، کرم اله گودرزی[۳] و اردشیر راد[۴]

۱- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران، ۲- مربی پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران، ۳- پژوهشگر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران، ۴-کارشناس آزمایشگاه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

چکیده

غلظت زیاد فلزات سنگین و آلاینده‌های نفتی در خاک می تواند با ورود به زنجیره غذایی سبب بروز بیماری های مختلف برای انسان و سایر موجودات زنده گردد. یکی از روش‌های نوین و کم‌هزینه برای پالایش خاک‌های آلوده، استفاده از گیاهان(گیاه پالایی) می‌باشد. بر این اساس طرحی در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با تیمار نوع گیاه (یک محصول زراعی(جو)، یک محصول سبزی و صیفی(خیار سبز) و دو گیاه مرتعی غالب (یونجه و بهمن) در سه تکرار اجرا شد. کشت‌های لازم در منطقه امامزاده جعفر انجام شد و پس از طی دوره کشت نمونه‌های گیاه و خاک به منظور آنالیز از کرت‌های آزمایش برداشته شد. نتایج نشان داد که بیشترین تجمع نیکل در اندام هوایی گیاه بهمن و کمترین غلظت این عنصر در بذر جو وجود داشته است. در خصوص کادمیم هم بیشترین غلظت مربوط به بذر جو بوده و کمترین غلظت مربوط به اندام هوایی بهمن بوده است

واژه‌های کلیدی: گیاه‌پالایی، عناصر سنگین، آلاینده های نفتی

مقدمه

زبانه‌های دود حاصل از سوختن چاه‌های نفت کویت و تانکرهای ذخیره نفت در سه منطقه نفتی آن کشور در سال ۱۹۹۱ در جریان جنگ خلیج فارس، استان‌های مرزی ایران را به شدت تحت تأثیر قرار داد و باعث آلودگی منابع خاک، آب و گیاه در این مناطق گردید. غلظت زیاد آلاینده‌های نفتی در خاک افزون بر تأثیر گسترده بر اکوسیستم منطقه، باعث جذب بیشتر این آلاینده‌ها توسط گیاه شد و می‌تواند با ورود به زنجیره غذایی سبب بروز بیماری‌های مختلف برای انسان و سایر موجودات زنده گردد. این آلاینده‌ها همچنین می‌توانند از طریق آلودگی آب‌های زیر زمینی مشکلاتی را برای سلامت محیط زیست و انسان ایجاد نماید. با توجه به اهمیت موضوع انجام پروژه‌هایی در راستای پالایش عناصر سنگین و ترکیبات نفتی از خاک امری ضروری است. از طرف دیگر فلزات سنگین به علت اثرات بازدارنده‌ای که بر روی رشد و نمو گیاهان و ریزموجودات می‌گذارند از جمله آلاینده‌های محیط زیست بشمار می‌روند و به علت توسعه کاربرد آنها در صنعت، بر سلامت انسان و تولید محصولات کشاورزی اثرات نامطلوب دارند. آلودگی فلزات سنگین در خاک‌ها، یک مشکل عمده زیست محیطی محسوب می‌شود و بر سلامت انسان، موجودات زنده، تولیدات کشاورزی و محیط زیست اثر دارد (Jankite و Vasarevicius ، 2007). فلزات سنگین آلاینده عموما شامل کادمیوم، کروم، مس، جیوه، سرب و نیکل هستند (Yan-de et al ، 2007). علاوه بر بروز معضلات زیست محیطی و تهدید سلامت انسان، مقادیر بالای فلزات سنگین در خاک‌های آلوده فعالیتهای زیستی و حاصلخیزی خاک را کاهش داده و در نتیجه عملکرد محصولات کشاورزی نیز تقلیل می‌یابد (Yan-de et al، 2007).

گیاه‌پالایی، فناوری استفاده از گیاهان برای استخراج، تثبیت، محبوس کردن و یا سمیت‌زدایی آلاینده‌ها می‌باشد (متشرع زاده و همکاران، ۱۳۸۷). این فناوری روشی موثر، ارزان قیمت، زیبا پسند و متناسب با شرایط زیست بوم و سازگار با محیط

زیست انسان بوده و آلودگی‌ها را از خاک پالایش می‌کنند. بر اساس تحقیقات انجام شده برخی گیاهان بیش اندوز و جاذب فلزات سنگین برای استفاده در فناوری گیاه‌پالایی گزارش شده‌اند. از گیاهان بیش اندوز می‌توان به *Thlaspi caerulescens,Ipomea alpinhe, Holumaniastrum robertii, Berkheya coddii, Astragalus racemosus, Sebertia acuminate* و از گیاهان بومی و زراعی می‌توان به ازمک، آفتابگردان، سورگوم، استپی ریش‌دار و لگوم‌ها اشاره کرد (متشرع زاده و همکاران، ۱۳۸۷، Golchin et al، 2006 وLasat، 200). گیاه‌پالایی فلزات سنگین معمولا شامل مکانیسم های استخراج گیاهی (گیاه جذبی)، تصفیه (پالایش) ریزوسفری، تثبیت گیاهی و آزادسازی به صورت ترکیبات گازی به هوا می-باشد. استخراج به معنی جذب و انتقال فلزات از خاک آلوده و توانایی ریشه در انتقال این آلودگی به اندام هوایی و تصفیه ریزوسفری به مفهوم استفاده از ریشه گیاه برای جذب فلز و تغلیظ آن در ریشه و یا رسوب در سطح ریشه است. فلزات سنگین به دلیل غیر قابل تجزیه بودن و آثار زیان‌بار فیزیولوژیک بر جانداران در غلظت‌های کم، اهمیتی ویژه دارند. افزون بر آن، این آلاینده‌ها وارد خاک، گیاه و زنجیره‌های غذایی می‌شوند. کادمیم، سرب، نیکل و وانادیم از مهمترین این فلزات آلاینده می-باشند و خسارت‌هایی جدی به بار می‌آورند. روش‌های مختلف برای پالایش خاک‌های آلوده وجود دارد که عمدتاً بسیار گران و پر هزینه بوده و به این دلیل استفاده از روش‌های کم هزینه تر برای رفع آلودگی خاک‌های آلوده می‌تواند به پالایش و استفاده بهینه از این اراضی کمک نماید. یکی از روش‌های نوین و کم هزینه برای پالایش خاک‌های آلوده، استفاده از گیاهان (Phytoremediation) می‌باشد. که افزون بر هزینه کمتر، سازگار با طبیعت بوده و نیاز به تجهیزات و امکانات کمتری نسبت به سایر روش‌های پالایش دارد. عصاره‌کشی گیاهی یکی از روش‌های گیاه‌پالایی عناصر سنگین است که در این روش جذب و جمع‌آوری آلاینده‌ها در بافت‌های قابل برداشت گیاهی مدنظر می‌باشد. در این روش با برداشت گیاهان از خاک، آلاینده‌ها از خاک زد وده می‌شوند (Klute، 1986 و Mattina et al، 2003)

با توجه به امکان وجود آلودگی خاک ناشی از جنگ خلیج فارس در استان‌های مرزی کشورمان و اهمیت آن بر سلامت انسان، گیاه و محیط زیست، این پروژه به‌منظور بررسی امکان استفاده از گیاهان برای پالایش خاک‌های آلوده به عناصر سنگین و آلاینده‌های نفتی در اراضی کشاورزی استان کهگیلویه و بویراحمد ضرروری به نظر می‌رسید. لذا هدف اصلی این پژوهش بررسی امکان پالایش سبز خاک‌های آلوده به عناصر سنگین به وسیله گیاهان مورد مطالعه و محدوده کارآیی گیاهان در پالایش خاک‌های آلوده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به منظور بررسی امکان استفاده از گیاهان برای پالایش خاک‌های آلوده به عناصر سنگین و آلاینده‌های نفتی در اراضی کشاورزی در استان کهگیلویه و بویراحمد در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با تیمار نوع گیاه (یک محصول زراعی: جو، یک محصول سبزی و صیفی: خیار و دو گیاه مرتعی غالب استان: بهمن و یونجه وحشی) در سه تکرار اجرا شد. از نظر تقسیم بندی اگرواکولوژیکی استان کهگیلویه و بویراحمد در منطقه اکولوژیکی Southem Zagros Zone واقع شده است. ارقام محصولات زراعی و سبزی و صیفی، ارقام غالب منطقه بوده و توصیه کودی نیز بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) و حدود بحرانی عناصر برآورد شد. برای این منظور از پنج منطقه که احتمال آلودگی زیاد بود نمونه‌برداری انجام و مقدار عناصر سنگین و آلاینده‌های نفتی (PAHs) خاک سطحی (۳۰-۰) اندازه‌گیری و یک منطقه آلوده به عناصر سنگین و آلاینده-های نفتی انتخاب گردید. که نتایج میزان آلاینده‌های آن در جدول شماره دو آورده شده است.

جدول ۱ـ نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک محل آزمایش

عمق (cm)	هدایت الکتریکی (dSm^{-1})	درصد مواد خنثی‌شونده	واکنش گل اشباع	درصد اشباع	بافت خاک	درصد کربن آلی
۰ – ۳۰	۱/۱	۵۹/۵	۷/۶	۴۱	Si-L	۱/۱۳

عمق (cm)	ازت کل (درصد)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	منگنز قابل جذب	آهن قابل جذب	روی قابل جذب	مس قابل جذب
		($mg\ kg^{-1}$)					
۰ - ۳۰	۰/۱۳	۳۲/۵	۲۰۴	۱۶/۰۸	۷/۸۸	۲/۰۴	۰/۶۲

جدول ۲- نتایج میزان آلاینده های نفتی(PAHs) و عناصر سنگین (میلی گرم بر کیلوگرم) در محل مورد آزمایش

ردیف	آنالیت	امامزاده جعفر
۱	Naphtalene	۰/۱
۲	Acenaphthene	۰/۰۵
۳	Acenaphthylene	۱/۶۳
۴	Fluorene	۰/۱۸
۵	Phenanthrene	۰/۱۷
۶	Anthracene	۰/۴۰
۷	Fluoranthene	۰/۰۸
۸	Pyrene	۰/۲
۹	Benz(a)anthracene	۰/۱
۱۰	Chrysens	۰/۰۶
۱۱	Benzo(b)fluoranthene	۰/۰۶
۱۲	Benzo(k)fluoranthene	۰/۰۶
۱۳	Benzo(a) Pyrene	۰/۲۲
۱۴	Benzo(g,h,i) Perylene	۰/۱۹
۱۵	Benzo(1,2,3c,d)Pyrene	۰/۲۶
۱۶	Dibenz(a,b)anthracene	۰/۱
۱۷	سرب قابل جذب(Pb.ava)	۸/۱
۱۸	نیکل قابل جذب(Pb.ava)	۱/۰۴
۱۹	کادمیم قابل جذب(Pb.ava)	۰/۰۶
۲۰	وانادیم قابل جذب(Pb.ava)	۴۷/۰۳

پس از آماده سازی زمین کشت محصولات شامل جو ، بهمن، گون و یونجه وحشی در پائیز و خیار سبز در بهار انجام شد. کودهای مورد نیاز براساس آزمون خاک به هر کرت اضافه گردید. در طول دوره رشد مراقبت‌های لازم انجام و برداشت (جو، بهمن، گون و یونجه وحشی) در اواخر اردیبهشت ماه و خیار سبز در اواخر خرداد ماه انجام گرفت. نمونه‌های گیاهان پس از آماده‌سازی به همراه نمونه های خاک برداشته شده از عمق‌های ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتری جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر سنگین (سرب، کامیم، نیکل و وانادیم) و آلاینده‌های نفتی در خاک (در دو عمق) و گیاه (ساقه و برگ و دانه محصولات زراعی، اندام رویشی گیاهان مرتعی و اندام رویشی و میوه محصولات سبزی و صیفی) به آزمایشگاه مرجع ارسال گردید. نتایج توسط

برنامه نرم افزاری آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و محدوده کارآیی گیاهان در پالایش خاک‌های آلوده، مناسبترین گیاهان برای پالایش خاک‌های آلوده تا رسیدن به غلظت مجاز آلاینده ها تعیین شد.

نتایج و بحث

بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس غلظت فلزات سنگین از جدول سه نشان می‌دهد که اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد بین گیاهان در تجمع دو فلز سنگین نیکل و کادمیم وجود دارد.

جدول۳- نتایج تجزیه واریانس عناصر سنگین در نمونه گیاهی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		نیکل	کادمیم
تکرار	۲	۴۶۹۱۷۱ ns	۵۰۵/۷۴ ns
تیمار	۵	۱۵۶۰۲۶۲۴ **	۵۳۴۵/۶۳ **
خطا	۱۰	۲۷۰۹۸۰	۱۸۱/۲۴

ns و **.* به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک درصد

مقایسه میانگین غلظت این دو عنصر از جدول چهار نشان می‌دهد که بیشترین تجمع نیکل در اندام هوایی بهمن و کمترین غلظت این عنصر در بذر جو وجود داشته است. در خصوص کادمیم هم بیشترین غلظت مربوط به بذر جو بوده که اختلاف معنی‌داری با غلظت این عنصر در اندام هوایی این محصول وجود نداشته و کمترین غلظت مربوط به اندام هوایی بهمن بوده است (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین غلظت نیکل و کادمیم در اندام هوایی و بذر گیاهان مختلف

تیمار / عناصر سنگین	جو (اندام هوایی)	جو (بذر)	یونجه (اندام هوایی)	یونجه (بذر)	خیار (اندام هوایی)	بهمن (اندام هوایی)
نیکل	۴۵۱ D*	۲۴۸ D	۲۳۷۳ B	۱۱۳۰ CD	۲۰۲۸ BC	۶۴۴۰ A
کادمیم	۸۱/۴۶ A	۹۶/۴۸ A	۱۰/۰۵ BC	۱/۶۷ D	۲۹/۸۵ B	0.0 C

*. میانگین هایی که در هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک باشند، اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

مقایسه میانگین غلظت این سه آلاینده در خاک از جدول پنج نشان می‌دهد که بیشترین میانگین غلظت هر سه آلاینده در خاک زمین زراعی که محصول جو در آن کشت شده بود و کمترین غلظت در خاکی که گیاه بهمن کشت شده بود، می-باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین غلظت آلاینده‌ها نفتی در خاک محصولات مختلف

تیمار / آلاینده های نفتی	جو	یونجه	خیار	بهمن
Fluorene	0.38 A*	0.16 B	0.13 B	0.08 B
Pyrene	0.24 A	0.12 AB	0.11 B	0 B
Benzo[g,h,i]perylene	0.33 A	0.27 AB	0.15 BC	0.12 C

*. میانگین هایی که در هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک باشند، اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

نتیجه گیری کلی: با توجه به نتایج حاصله، امکان پالایش سبز خاک‌های آلوده به عناصر سنگین و آلاینده‌های نفتی بوسیله گیاهان مورد مطالعه وجود داشته ولی محدوده کارآیی گیاهان در پالایش خاک‌های آلوده متفاوت بوده، به طوری‌که گیاه بهمن بیشترین تجمع نیکل و وانادیم را در خود داشته و گیاه جو بیشترین تجمع کادمیم را در خود داشته و با توجه به مکان و نوع آلودگی نوع گیاه را می‌توان انتخاب و کشت و توسعه داد تا ضمن تولید، غلظت مجاز آلاینده ها نیز حاصل گردد.

منابع

متشرع زاده، ب.، ثواقبی فیروزآبادی، غ.، علیخانی، ح. و میرسیدحسینی، ح. ۱۳۸۷. شناسایی گیاهان بومی و باکتری‌های مقاوم به فلزات سنگین در اراضی اطراف معدن سرب و روی عمارت شازند اراک به منظور استفاده در گیاه‌پالایی. مجله تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران)، جلد ۳۹، شماره ۱، صفحه ۱۶۳ تا ۱۷۴.

Golchin A., Safari A. S. and Atashnama K. 2006. Aboriginal plants that lead and zinc hyperaccumulator in Zanjan province, pp: 15-16. In: Proceeding of Soil, Enviroment and sustainable Development Congress. College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

Jankite A., and Vasarevicius S. 2007. Use of poacea f. species to decontaminate soil from heavy metals. Ekologija,53(4): 84-89.

Klute A. 1986. Method of soil analysis. Part1: Physicalmethods. Soi. Sci SOC. Ameri. J. PP: 432-449.

Lasat, M. 2000. The use of plants for the removal of toxic metals from contaminated soil, Grant No. CX 824823.

Mattina M. J., Lannucci-BergerW., Musante C., White J.C. 2003. Concurrent plant uptake of havey metal and persistent organic poIIutants from soil. Environmental Pollution, 124:375-378.

Yan-de J., Zhen-li H. and Xiao Y. 2007. Role of soil rhizobacteria in phytoremediation of heavy metal contaminated soils. J.Zhejiang Univ. Sci., 8(3): 197-207.

Evaluation of Phytoremediation of soils contaminated with heavy metals and petroleum in agricultural lands of Kohgiloyeh & Boyerahmad province

M.R. Chakeralhosseini[1], R. Mirkhani[2], K. Godarzi[3] and A. Rad[4]

1. Assistant Professor, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and NaturalResources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Yasuj, Iran
2. Academic member, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Researcher of Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and NaturalResources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Yasuj, Iran
4. Laboratory expert of Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and NaturalResources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Yasuj, Iran

Abstract

High concentration of heavy metals and petroleum contaminants in soil, by entering the food chain can cause various diseases to humans and other organisms. One of the recent cheap methods of soil remediation is phytoremediation. One survey in a randomized complete blocks design was conducted in kohgyloyeh and boyerahmad province with treatments one cereal crop (barley), one vegetable crop (cucumber) and two privilege range plants (Medicago Scutellata &Stipa Barbata) in three replications. Cultures that was necessary created in emamzadeh jafar. After a culture period, plant and soil samples from the experimental plots in order to analysis was removed. Results showed that the highest concentration of nickel in stipa and the lowest concentration of this metal in barley seed. The highest concentration of cadmium in the barley seed and the lowest concentration in the is related to the stipa shoot

Keywords: Phytoremediation, heavy metals, oil contaminants