**علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره یازدهم، شماره سه، پاییز ۸۸**

# بررسی منشأ و دسترسی بیولوژیکی عناصر سنگین در خاک ارتفاعات شمال غرب تهران

**عبدالرضا کرباسی**[۱]
**غلامرضا نبی بیدهندی**[۱]
**فرامرز معطر**[۲]
**زهره برزگری**[۳*]

**تاریخ دریافت:۸۶/۳/۱۶** **تاریخ پذیرش:۸۶/۵/۱۶**

**چکیده**

*خاک می تواند آلودگی های زیست محیطی را در خود به ثبت برساند و لذا از طریق آنالیز شیمیایی خاک می توان به آلودگی های منطقه پی برد. در این تحقیق نمونه های خاک اراضی شمال غرب تهران مورد استفاده قرار گرفت، در مجموع ۱۶ نمونه خاک از سطح منطقه جمع آوری شد. با استفاده از روش های آزمایشگاهی میانگین غلظت سرب ppm ۱۷۳، میانگین غلظت روی ppm۱۰۱، میانگین غلظت نیکل ppm۶۲ ومیانگین غلظت وانادیوم ppm۴۴ به دست آمد. نتایج نشان می دهد که غلظت فلز سنگین سرب در منطقه بسیار بالاتر از سایر عناصر مورد بررسی می باشد. مقایسه میانگین غلظت سرب در مطالعه حاضر با غلظت آن در پوسته زمین نشان می دهد که غلظت این عنصر در اراضی واحد علوم وتحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی واقع در ارتفاعات شمال غرب تهران، حدود ۱۲۰۰٪ بیشتر از پوسته زمین است که علت افزایش غلظت سرب به دلیل آلودگی هوا می باشد. در ادامه تحقیق نسبت به شناسایی دسترسی بیولوژیک عناصر اقدام شد. میزان دسترسی بیولوژیک فلزات سنگین مختلف در خاک های مورد مطالعه به ترتیب زیر می باشد:*

$Pb$(۲۹ ppm)> $Zn$(۲۷ ppm)>$Fe$ (۷ ppm)>$Ni$ (۵ ppm )>$V$ (۰ppm )

*آنالیز خوشه ای برای منشاءیابی عناصر نشان داد که سرب دارای منشاء آلی می باشد و دو عنصر نیکل و وانادیوم تحت ضریب تشابه مثبت و معنی دار به هم متصل شده اند. از آن جایی که وانادیوم به عنوان شاخص آلودگی نفتی شناخته شده ، می توان نتیجه گرفت که نیکل به لحاظ مصرف سوخت در خاک های این اراضی پراکنده شده است.*

**واژه های کلیدی:** آلودگی خاک، فلزات سنگین، دسترسی بیولوژیکی، آنالیز خوشه ای

---

۱- استادیار، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
۲- استاد، دانشکده انرژی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
۳- کارشناس ارشد رشته آلودگی های محیط زیست، دانشکده انرژی و محیط زیست، واحد علوم وتحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران*(مسئول مکاتبات)

**مقدمه**

خاک به عنوان منبع طبیعی غیر قابل تجدید در حال تخریب بوده که نهایتاً به کاهش تولیدات کشاورزی منجر شده است. خاک یکی از منابع مهم و ارزشمند طبیعت است. بدون داشتن خاک سالم حیات و زندگی بر روی زمین امکان پذیر نخواهد بود. ۹۵٪ غذای انسان از زمین حاصل می شود. خاک به عنوان پالاینده طبیعت محسوب می شود، علاوه بر این که تأمین کننده مواد غذایی است، خاصیت تصفیه کنندگی نیز دارد (۱).

از نظر آلودگی، خاک های ایران هنوز در حد کشورهای پیشرفته نیست، ولی توسعه سریع صنعتی و کشاورزی و بهره جستن از موادشیمیایی متنوع و هم چنین مصرف زیاد کودهای شیمیایی امکانات بالقوه ای را برای آلوده نمـــودن خاک های ایران فراهم ساخته است.آلودگی خاک به واسطه استفاده از کودشیمیایی در ایران بیشتر مربوط به مصرف بی رویه و نابجای آن هاست. استفاده از کودهای ناخالص باعث افزایش غلظت فلـزات سنگین در خـــاک می شـــود(۲). در سال های اخیر، ژئوشیمی محیط زیستی،به طور گسترده ای درمطالعات وضعیت آلودگی پهنه های آبی وخاکی مورد استفاده واقع شده است. بهره گیری از این علم بیشتر به دلیل دقت بالا و متعاقب آن اطمینان به نتایج است. شاید به جرات بتوان اظهار داشت، بهره گیری از علم ژئوشیمی رسوبات، مطمئن ترین روش در برآورد دقیق میزان آلودگی ومنشأیابی آن است. از سال ۱۹۶۰ کاربرد علمی ژئوشیمی در تشخیص انـــواع آلاینده های معدنی محیط زیستی افزایش یافت(۳). به دلیل ثبت آلاینده ها از یک طرف و عدم تغییرات فصلی در غلظت فلزات سنگین در رسوبات، بهره گیری از علم ژئوشیمی محیط زیستی، به عنوان یک وسیله موثق و مطمئن در بین علوم زیست محیطی جایگاه خاصی یافته است(۴).در سال های اخیر بشر به اهمیت عناصر جزئی در تغذیه گیاهان و از طریق گیاهان در تغذیه جانوران پی برده است. وجود غلات خوب و همچنین انسان و حیوانات اهلی سالم رابطه تنگاتنگی با حضور تعداد زیادی از عناصر جزئی و فرعی خاک دارد.حاصل خیزی بسیاری ازمناطق با به کارگیری مقادیر ناچیز از برخی عناصر خاص به طور چشمگیری افزایش یافته است. این موضوع اساساً بخشی از ژئوشیمی خاک است، زیرا گیاهان این عناصر را مستقیماً از سنگ دریافت نکـــرده، بلکه از خـــاک بـه دست می آورند(۵).

هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر آلودگی هوای شهر تهران روی آلودگی خاک منطقه مورد مطالعه و راه های حذف و کنترل آن می باشد.

**روش تحقیق**

این تحقیق در خاک های محدوده واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی که در ارتفاعات شمال غرب تهران واقع شده و در توسعه نهائی خود ۲۱۰۰ هکتار وسعت را شامل خواهد شد انجام گرفته است.

از نظر خصوصیات شیمیایی، خاک منطقه دارای pH بیش از ۷ است که نشان دهنده محیطی قلیایی می باشد. همچنین حداکثر میزان یون سولفات کل خاک معادل ۰/۱۹٪ و حداکثر میزان یون کلر خاک نیز معـــادل ۰/۰۳٪ می باشد. میزان فرسایش خاک در منطقه بسیار بالا می باشد که این مسأله ناشی از شیب زیاد و صخره ای بودن منطقه، تغییرات بالای درجه حرارت در طول روز، بارندگی شدید، تخریب پوشش گیاهی منطقه، چرای بی رویه دام ها و انجام ساخت و ساز در منطقه در طی سال های اخیر می باشد و می تواند پیامدهای ناگواری چون بروز سیل در منطقه را به همراه داشته باشد که لازم است مد نظر قرار گیرد(۶).

**نمونه برداری**

در نمونه برداری از خاک های اراضی واحد علوم و تحقیقات کلیه نمونه ها از عمق ۲۵-۰ سانتی متری برداشته شده است. برای این منظور از یک لوله از جنس فولاد ضد زنگ مجهز به یک پیستون جهت خارج نمودن خاک استفاده شد(۷).

جهت به دست آوردن اطلاعات جامع از وضعیت آلودگی خاک اراضی واحد علوم وتحقیقات، مجموعاً ۱۶ ناحیه نمونه برداری شد. از هر ناحیه ۲ تا ۳ نمونه تهیه و سپس نمونه

ها با هم مخلوط گردید.نقاط نمونه برداری در شکل ۱ نشان داده شده است .

**آنالیز آزمایشگاهی**

در آزمایشگاه با استفاده از الک ۲۳۰مش،ذرات کوچک تر از ۶۳ میکرون جدا گردید تا عامل رقیق کننده غلظت عناصر حذف شود. سپس رسوبات به مدت ۲۴ ساعت، تحت دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک وتوسط هاون عقیق پودر شد، تا نمونه به صورت یکنواخت در آید وتجزیه توسط اسیدها راحت تر صورت پذیرد.

نیم گرم از نمونه الک شده و خشک شده را برداشته و به منظور جلوگیری از جوش وخروش کربنات ها ابتدا ۲ قطره HCI ۰/۱ نرمال روی نمومه در داخل بشر تفلونی ریخته شد و سپس برای تجزیه سیلیکات های خاک ۵cc از HF اضافه گردید و روی حمام شن تا ۱۲۵ درجه سانتی گراد حرارت داده شد.

**شکل ۱ - موقعیت نقاط نمونه برداری در اراضی واحد علوم وتحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران**

سپس به هر نمونه ۷cc تیزاب سلطانی (ترکیب $HCLوHNO_3$ به نسبت ۱:۳) به منظور تجزیه نیترات ها و کربنات های خاک افزوده و روی حمام شن تا ۱۲۵ درجه سانتی گراد حرارت داده شد.

سپس ۳cc اسید پر کلریک (برای تجزیه مواد آلی نمونه)اضافه و مجدداً روی حمام شن تا نزدیک خشک شدن حرارت داده شد و نهایتاً توسط اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال حجم نمونه در بالن ژوژه به ۵۰cc رسانده شد و در آخرعناصر به وسیله دستگاه جذب اتمی(AAS) اندازه گیری شدند(۴).

**بار مواد آلی**

برای تعیین بار آلی نمونه ها،از روش احتراق یا LOI استفاده شد.بدین منظور یک گرم از هر نمونه را داخل کروزه که قبلاً وزن وثبت شده ریخته و به مدت ۴ ساعت در کوره الکتریکی با دمای ۴۵۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد.محاسبه اختلاف وزن بر حسب در صد به دست آمد(۸).

$$\text{LOI} = \frac{\text{وزن کروزه بعد از قرار گرفتن در کوره} - \text{وزن کروزه قبل از قرار گرفتن در کوره}}{\text{وزن کروزه قبل از قرار گرفتن در کوره} - \text{وزن کروزه به تنهایی}} \times ۱۰۰$$

**دسترسی بیولوژیک**

برای به دست آوردن مقادیر دسترسی بیولوژیک ابتدا ۵/۷ میلی لیتر اسید استیک به ۵۰۰cc آب مقطر اضافه شد.سپس ۶۴/۳ میلی لیتر از NaOH یک نرمال به محلول اضافه وحجم آن به وسیله آب مقطر به یک لیتر رسانده شد تا pHمحلول به دست آمده ۴/۹۳±۰/۰۵ باشد.سپس به یک گرم از هر نمونه ۱۰cc از محلول به دست آمده اضافه گردید و به خوبی تکان داده و به وسیله دستگاه جذب اتمی عناصر آن اندازه گیری شد(۹).

**تهیه نقشه های پراکنش عناصرسنگین (نقشه ژئوشیمیایی)**

بدین منظور با استفاده از نرم افزار Arc view نقشه های پراکنش عناصر در اراضی واحد علوم وتحقیقات تهران تهیه گردید.

**نتایج**

نتایج اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در خاک های اراضی دانشگاه ازاد واحد علوم وتحقیقات تهران در جدول شماره ۱ آمده است. در مطالعه حاضر میانگین غلظت سرب در خاک های اراضی واحد علوم وتحقیقات ppm ۱۷۳ به دست آمد.کمترین غلظت سرب (ppm ۱۰۱) در ایستگاه شماره ۱۰ یعنی در اراضی بالادست و جنب مهمانسرا اندازه گیری شد. بیشترین غلظت این عنصر در ایستگاه شماره ۴ دیده می شود. با توجه به جدول شماره۲، مقایسه میانگین غلظت سرب در مطالعه حاضر با غلظت آن در پوسته زمین(۱۰) نشان می دهد که غلظت این عنصر در اراضی واحد علوم و تحقیقات حدود ۱۲۰۰٪ بیشتر از پوسته زمین است. بنابراین و با توجه به این که خاک های این اراضی درمعرض سموم کشاورزی که می توانند حاوی عناصر سنگین باشند ، و همچنین فعالیت های صنعتی که عملاً در محدوده مورد مطالعه وجود ندارد ،می توان نتیجه گیری کرد که عمده افزایش غلظت سرب به دلیل آلودگی هوا می باشد.سرب وارد شده به هوا ، می تواند موجب آسیب های مغزی ، به خصوص در کودکان تا ۶ سال شود و البته سطح بالای سرب در بزرگ سالان ، موجب مشکلات باروری در مردان و زنان، اختلالات عصبی ، مشکلات حافظه و درد عضلات می شود(۱۱). میانگین غلظت سرب در مقایسه با رسوبات جهانی نیز افزایش چشمگیر (۱۱۰۰٪) نشان می دهد، که علت افزایش قبلاً ذکر شد.در شکل ۲نقشه ژئوشیمیایی عنصر سرب مشاهده می شود.

میانگین غلظت وانادیوم در خاک های منطقه مورد مطالعه ppm ۴۴ است.کمترین غلظت آنppm ۱۰ در ایستگاه شماره ۳ و بیشترین غلظت آن در ایستگاه شماره ۱۱ می باشد.مقایسه غلظت وانادیوم در مطالعه حاضر با غلظت آن در پوسته زمین(۱۰) نشان می دهد که غلظت این عنصر در اراضی مذکور حدود ۲۷/۳٪کمتر از پوسته زمین است.

منبع اصلی این عنصر در خاک های سطحی عموماً زغال سنگ و نفت خام است،ولی با توجه به مقادیر بیان شده،آلودگی خاک به این عنصر وجود نداشته و غلظت آن بسیار کمتر از

میانگین پوسته زمین می باشد.نقشه ژئوشیمیایی وانادیوم در شکل۳ آمده است.

میانگین غلظت روی در خاک های اراضی واحد علوم وتحقیقات ppm۱۰۱می باشد.کمترین غلظت آن ppm۷۸ در ایستگاه شماره ۱۴ اندازه گیری شد.بیشترین غلظت این عنصر در ایستگاه شماره ۸ با غلظت ppm۱۳۱ می باشد. مقایسه میانگین غلظت روی در محدوده مورد مطالعه با غلظت آن در پوسته زمین(۱۰) نشان می دهد که غلظت این عنصر در اراضی واحد علوم وتحقیقات حدود ۱۳۵٪بیشتر از پوسته زمین است.معمولاًمیزان ورود این عنصرازطریق اتمسفربه خاک زیاد می باشدوماهیتی گوگرد دوست دارد.حضور گوگرد در ترکیب سوخت های فسیلی وهمچنین دفع فاضلاب مجموعه بدون این که تصفیه شود، می تواند باعث افزایش غلظت این عنصر سنگین درخاک های اراضی یادشده گردد.

میانگین غلظت روی در مقایسه با رسوبات جهانی افزایش ۱۰۷ درصدی نشان می دهد . پراکندگی غلظت روی در خاک های اراضی واحد علوم وتحقیقات در شکل ۴ مشاهده می شود.

میانگین غلظت نیکل ppm۶۲ به دست آمد.کمترین غلظت آن ppm۲۶ در ایستگاه شماره ۱۳ و بیشترین غلظت آن ppm۱۰۹ در ایستگاه شماره ۱۲ اندازه گیری شد.مقایسه غلظت نیکل در مطالعه حاضر با غلظت آن در پوسته زمین(۱۰) نشان می دهد که غلظت آن در اراضی مذکور حدود ۷۷ ٪ کمتر از پوسته زمین می باشد. میانگین غلظت نیکل در مقایسه با رسوبات جهانی کمتر می باشد و از این نظر آلودگی در محدوده واحد علوم وتحقیقات وجود ندارد.نقشه ژئوشیمیایی این عنصر در شکل ۵ دیده می شود.

**جدول ۱ - نتایج اندازه گیری غلظت فلزات سنگین در خاک های اراضی واحد علوم وتحقیقات تهران**

| شماره ایستگاه | ppm | | | | ٪ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zn | Ni | Pb | V | Fe | Ca | L.o.I |
| ۱ | ۸۶ | ۵۹ | ۱۲۴ | ۵۹ | ۴/۱۲ | ۰/۶۵ | ۲/۸۱ |
| ۲ | ۸۷ | ۵۹ | ۱۱۴ | ۴۹ | ۴/۳۳ | ۰/۵۸ | ۴/۳۳ |
| ۳ | ۷۹ | ۵۶ | ۱۱۶ | ۱۰ | ۴/۲۰ | ۰/۵۹ | ۳/۳۵ |
| ۴ | ۱۲۴ | ۵۷ | ۳۲۵ | ۱۴ | ۱/۵۷ | ۰/۶۴ | ۵/۲۶ |
| ۵ | ۷۹ | ۵۷ | ۳۱۵ | ۵۳ | ۲/۳۰ | ۳/۲۰ | ۲/۹۱ |
| ۶ | ۱۲۱ | ۵۷ | ۳۲۰ | ۵۴ | ۲/۳۲ | ۱/۱۰ | ۵/۲۰ |
| ۷ | ۱۱۳ | ۱۰۸ | ۱۱۰ | ۷۲ | ۲/۳۰ | ۱/۰۸ | ۳/۷۴ |
| ۸ | ۱۳۱ | ۴۸ | ۱۰۸ | ۳۴ | ۴/۰۵ | ۱/۰۹ | ۳/۷۵ |
| ۹ | ۱۲۹ | ۵۰ | ۱۰۴ | ۳۳ | ۳/۸۰ | ۱/۰۷ | ۳/۵۲ |
| ۱۰ | ۱۲۳ | ۵۱ | ۱۰۱ | ۳۲ | ۳/۵۳ | ۱/۱۰ | ۲/۷۳ |
| ۱۱ | ۱۱۲ | ۱۰۸ | ۱۰۱ | ۷۴ | ۴/۰۲ | ۱/۰۸ | ۲/۲۳ |
| ۱۲ | ۱۱۵ | ۱۰۹ | ۱۰۶ | ۷۳ | ۲/۲۸ | ۱/۰۹ | ۲/۹۶ |
| ۱۳ | ۷۸ | ۲۶ | ۱۳۴ | ۵۶ | ۱/۵۷ | ۳/۱۷ | ۳/۴۵ |
| ۱۴ | ۷۸ | ۲۷ | ۲۸۵ | ۱۴ | ۱/۵۷ | ۱/۴۳ | ۴/۲۲ |
| ۱۵ | ۷۸ | ۵۸ | ۲۹۰ | ۱۶ | ۱/۴۸ | ۰/۶۵ | ۴/۱۱ |
| ۱۶ | ۸۷ | ۵۸ | ۱۱۸ | ۵۶ | ۴/۲۲ | ۰/۶۵ | ۲/۷۲ |
| میانگین | ۱۰۱ | ۶۲ | ۱۷۳ | ۴۴ | ۲/۹۷ | ۱/۱۹ | ۳/۵۸ |

میانگین غلظت آهن در خاک های اراضی واحد علوم وتحقیقات ۲/۹۷٪ به دست آمد.کمترین مقدار آن(۱/۴۸٪)در ایستگاه شماره ۱۵ اندازه گیری شد. بیشترین مقدار این عنصر در ایستگاه شماره ۲(۴/۳۳٪)دیده می شود. مقایسه میانگین غلظت آهن در خاک های اراضی این محدوده نسبت به میانگین پوسته زمین (۱۰) حاکی از نقش زمین شناسی در کنترل غلظت عناصر سنگین است.همچنین مقایسه غلظت آهن در مقایسه با رسوبات جهانی کاهش ۶۵ درصدی را نشان می دهد.در شکل ۶ نقشه ژئوشیمیایی آهن را مشاهده می کنید.

میانگین غلظت کلسیم در خاک های این اراضی ۱/۱۹٪ به دست آمده است.کمترین غلظت آن ۰/۵۸٪ و بیشترین غلظت آن ۳/۲۰٪ در ایستگاه شماره ۵ اندازه گیری شد.کمترین غلظت کلیسم در ایستگاه شماره ۲ مشاهده شد. مقایسه غلظت کلسیم در مطالعه حاضر با غلظت آن در پوسته زمین(۱۰) نشان دهنده کاهش ۲۹ درصدی آن نسبت به میانگین غلظت کلسیم در پوسته زمین می باشد و میانگین غلظت کلسیم در مقایسه با رسوبات جهانی نیز کاهش ۱۸ در صدی نشان می دهد. پراکندگی غلظت این عنصر در شکل ۷ مشخص شده است.

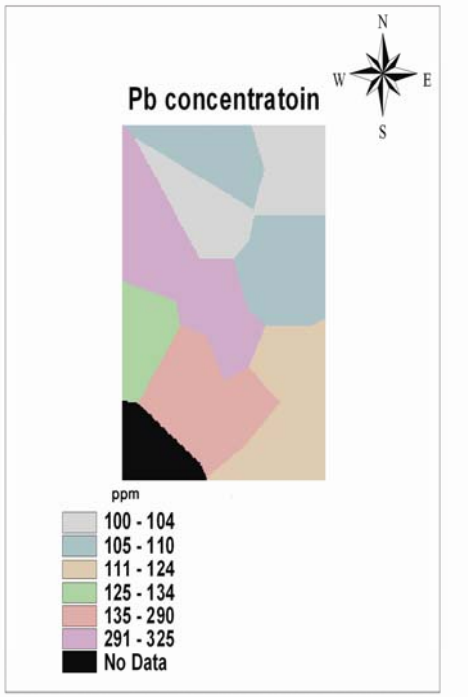
مواد آلی موجود در خاک، ناشی از مراحل مختلف تجزیه گیاهان و فضولات و بقایای حیوانی می باشد که به طور شیمیایی و یا بیولوژیکی در خاک ساخته می شود.این مواد به طور وسیعی در خاک،رسوبات و آب های طبیعی پخش شده است. محصول این تجزیه معمولاً عبارت از مواد هوموس، اسیدهای آلی با وزن مولکولی کم یا زیاد، هیدروکربن ها، پروتئین ها، پپتیدها والک ها،هیدرو کربن های آروماتیک چند حلقوی از اجزاء لیگنین می باشد. باید توجه کرد که ترکیب و خواص مواد آلی بستگی به شرایط اقلیمی، نوع خاک و کاربردهای کشاورزی دارد. میزان متوسط مواد آلی موجود در خاک های اراضی واحد علوم وتحقیقات ۳/۵ ٪ می باشد .

در نهایت می توان میزان آلودگی عناصر سنگین در اراضی واحد علوم وتحقیقات را به صورت زیر ارایه نمود:

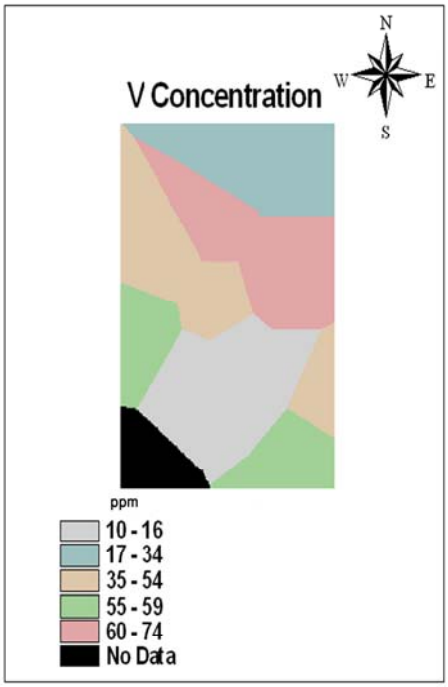
Pb(۱۷۳ ppm)> Zn(۱۰۱/۴ ppm)> Ni(۶۲ ppm)> V(۴۳/۷ ppm)

**جدول ۲- مقایسه نتایج آنالیز خاک اراضی واحد علوم وتحقیقات با مقادیر جهانی**

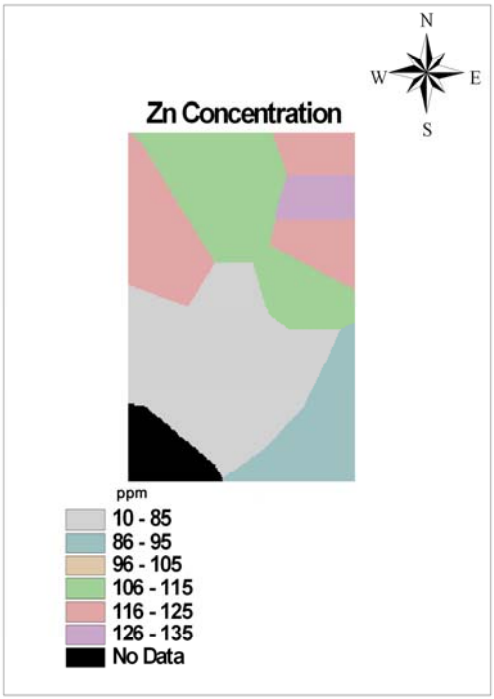
| | ppm | | | | ٪ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pb | V | Zn | Ni | Fe | Ca | L.o.I |
| حداقل مطاله حاضر | ۱۰۱ | ۱۰ | ۷۸ | ۲۶ | ۱/۴۸ | ۰/۵۸ | ۲/۲۳ |
| حداکثر مطاله حاضر | ۳۲۵ | ۷۴ | ۱۳۱ | ۱۰۹ | ۴/۳۳ | ۳/۲۰ | ۵/۲۶ |
| میانگین مطالعه حاضر | ۱۷۳ | ۴۴ | ۱۰۱ | ۶۲ | ۲/۹۷ | ۱/۱۹ | ۳/۵۸ |
| انحراف معیار(±) | ۹۴ | ۲۲ | ۲۱ | ۲۵ | ۱/۱۳ | ۰/۸۱ | ۰/۸۷ |
| پوسته زمین | ۱۴ | ۱۶۰ | ۷۵ | ۸۰ | ۴/۱۰ | ۴/۱۰ | -- |
| رسوبات جهانی | ۱۹ | --- | ۹۵ | ۵۲ | ۴/۶۰ | ۶/۶۰ | -- |



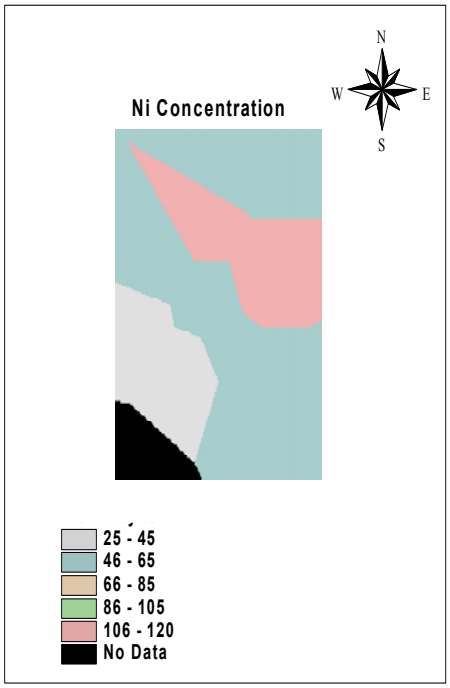

شکل۲ – نقشه ژئوشیمیایی عنصر سرب



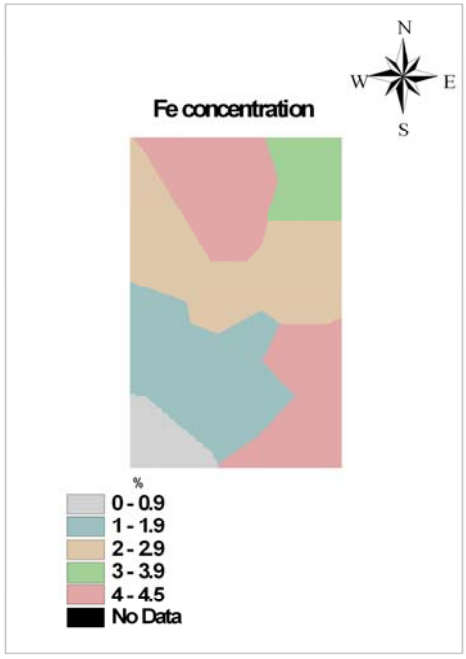

شکل۳ – نقشه ژئوشیمیایی عنصر وانادیوم



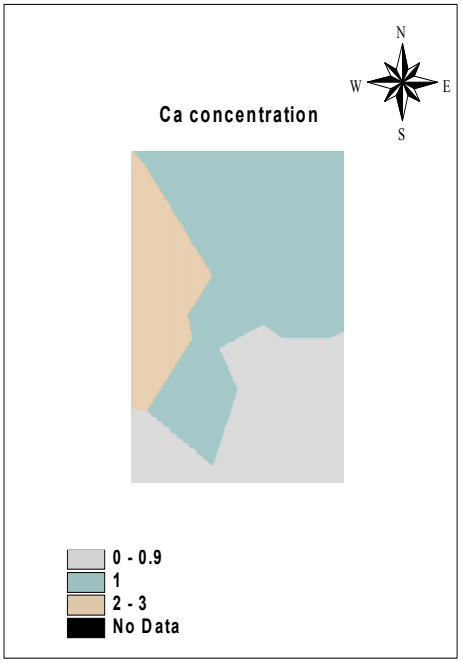

شکل۴ –نقشه ژئوشیمیایی عنصر روی




شکل۵ – نقشه ژئوشیمیایی عنصر نیکل




شکل ۶ - نقشه ژئوشمییایی عنصر آهن




شکل۷- نقشه ژئوشیمیایی عنصر کلسیم

**نتایج دسترسی بیولوژیک**

فلزات سنگین در خاک ها به اشکال مختلف هستند و هر یک دارای شکل های متحرک و قابل جذب متفاوتی می باشند. مقادیر اضافی فلزات در خاک می تواند منجر به جذب بیشتر توسط گیاهان شود.جذب فلزات سنگین توسط گیاهان نه تنها متأثر از غلظت آن ها در خاک،شکل های آن ها و خواص فیزیکی شیمیایی خاک است بلکه به تغذیه گیاه،مرحله رشد و عوامل متعدد دیگری بستگی دارد.

Ross عوامل تأثیر گذار زیادی بر جذب فلزات ذکر می کند، جزنوع ومقدارکلوئید های خاک (مواد رسی،اکسیدهای خاک و مواد آلی)،عوامل کنترل کننده اصلی عبارتند از:pH، غلظت کاتیونی فلز،حضور کاتیون های فلزی رقابت کننده و وجود لیگاندهای آلی و معدنی. همچنین سازوکارهای جذب، می توانند برای یون های فلزی مختلف متفاوت باشند اما یون هایی که با سازوکار های مشابه به داخل ریشه جذب می شوند احتمالاً با همدیگر رقابت می کنند.

در تحقیق حاضر خاک اراضی واحد علوم وتحقیقات نمونه برداری شد و در آن عناصر سنگین Pb,Ni,V,Zn,Fe مورد بررسی قرار گرفت تا میزان دسترسی بیولوژیک آن ها تعیین گردد که نتایج آن را در جدول ۳ مشاهده می کنید.

باید توجه داشت که میزان جذب هر فلز سنگین خاک توسط گیاه تابع نوع خاک و ویژگی های آن،نوع فلز سنگین و شکل های آن وبالاخره نوع گیاه است.

**جدول ۳- نتایج اندازه گیری فلزات سنگین درخاک واحدعلوم وتحقیقات تهران وحد مسمومیت گیاه( ppm)**

| شماره ایستگاه | Fe | Zn | Ni | Pb | V |
|---|---|---|---|---|---|
| ۳ | ۸ | ۲۰ | ۵ | ۲۳ | ۰ |
| ۶ | ۷ | ۳۰ | ۶ | ۳۳ | ۰ |
| ۹ | ۷ | ۳۰ | ۵ | ۳۰ | ۰ |
| حداقل | ۷ | ۲۰ | ۵ | ۲۳ | ۰ |
| حداکثر | ۸ | ۳۰ | ۶ | ۳۳ | ۰ |
| میانگین | ۷ | ۲۷ | ۵ | ۲۹ | ۰ |
| حد طبیعی(Mg/Kg) | -- | ۷۸ | ۱۹ | ۲۶ | ۶۹ |
| حد آستانه مسمومیت گیاه(Mg/Kg) | -- | ۳۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ | ۱۰۰ |

رفتار وانادیوم در خاک از نظر تأثیر در خاک وگیاه کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است.همان طور که گفته شد منبع اصلی این عنصر در خاک های سطحی عموماً زغال سنگ و نفت خام است. حد طبیعی آن در خاک های سطحی به طور متوسط ۶۹mg/kg و حد آستانه از نظر مسمومیت گیاهی ۱۰۰mg/kg ذکر شده است (۱۲). جذب وانادیوم توسط گیاه از خاک بستگی مستقیم به مقدار آن دارد.با توجه به جدول۴ در سطح اراضی واحد علوم وتحقیقات مقدار این عنصر صفر اندازه گیری شده است.که به حد آستانه و حتی حد طبیعی این عنصر در خاک نمی رسد.لذا از این لحاظ مشکلی مشاهده نمی شود.

از موازنه روی در خاک های سطحی چنین بر می آید که میزان ورود این عنصر از طریق اتمسفر به خاک معمولاً بیشتر از مقداری است که به وسیله استخراج یا شسته شدن از خاک خارج می شود. مقدار طبیعی این عنصر در خاک حدود ۸۰mg/kg و حد آستانه آن که باعث مسمومیت گیاهان می شود ۳۰۰mg/kg می باشد(۸). مقدار جذب روی توسط گیاهان معمولاً با افزایش غلظت این عنصر در خاک افزایش می یابد. نتایج آنالیز خاک اراضی واحد علوم وتحقیقات از نظر غلظت فلز روی نشان می دهد که مقدار متوسط آن ۲۷ppm می باشد که مقدار آن به حد آستانه نرسیده است.

سرب در طبیعت به تدریج طی فرآیند اکسیداسیون به ترکیبات دیگر تبدیل می شود. اکثر ترکیبات سرب مانند سولفات، سولفوره، هیدرواکسید، کربنات، فسفات سرب دارای پتانسیل مسمومیت در خاک هستند. میزان طبیعی این عنصر در خاک بر اساس گزارش های مربوط به کشورهای مختلف به طور متوسط ۲۶mg/kg می باشد.غلظت این عنصر از نظر مسمومیت گیاهی ۱۰۰mg/kg گزارش شده است(۱۲).

میزان جذب سرب در برگ،ریشه و پوست گیاهان وابستگی مستقیم با غلظت سرب در خاک دارد و در شاخه و تنه درختان این وابستگی مشاهده نمی شود. نتایج آنالیز نمونه های خاک در اراضی واحد علوم و تحقیقات تهران نشان می دهد که غلظت آن نمی تواند باعث مسمومیت و عدم رشد گیاه شود.

در اراضی مورد مطالعه متوسط مقدار نیکل۵ppm می باشد.حد طبیعی آن ۱۹mg/kg وحد آستانه برای مسمومیت گیاهی ۱۰۰ mg/kg است(۱۲) که نشان می دهد مقدار نیکل در این اراضی به حد آستانه نمی رسد.

میزان دسترسی بیولوژیک فلزات سنگین مختلف در خاک های اراضی واحد علوم وتحقیقات به ترتیب زیر می باشد:

$Pb$(۲۹ ppm)> $Zn$(۲۷ ppm)>$Fe$ (۷ ppm)>
$Ni$ (۵ ppm )>$V$ (۰ppm )

**نتایج ضریب همبستگی**

در این تحقیق ابتدا از روش پیرسون برای اندازه گیری ضرایب همبستگی استفاده شد.با استفاده از نرم افزار Explore ضرایب همبستگی به دست آمد. به وسیله برنامه کامپیوتری Explore نتایج حاصل از روش های دستگاهی تجزیه وتحلیل شده، ضرایب همبستگی عناصر نسبت به هم به دست می آید. Explore برنامه آماری می باشد که مقدار عناصر مختلف در نمونه را به عنوان اطلاعات ورودی گرفته، پس از تجزیه و تحلیل آماری، انحراف معیار برای هر عنصر و همچنین ضرایب همبستگی بین عناصر را به صورت جدول ارایه می دهد.

جدول ۴ نتایج ضریب همبستگی بین عوامل اندازه گیری شده در خاک های اراضی واحد علوم و تحقیقات را نشان می دهد. در این قسمت از تجزیه و تحلیل ضرایب همبستگی خودداری می شود، چرا که این ضرایب با استفاده از نرم افزار Cluster به آنالیز خوشه ای جهت تجزیه و تحلیل آسان تر تبدیل شد.

**جدول۴- ضریب همبستگی بین عوامل اندازه گیری شده در خاک های اراضی واحد علوم وتحقیقات**

| | Pb | V | Zn | Ni | Fe | Ca | LoI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pb | ۱/۰۰ | | | | | | |
| V | -۰/۳۹۳ | ۱/۰۰ | | | | | |
| Zn | -۰/۱۸۰ | ۰/۱۲۵ | ۱/۰۰ | | | | |
| Ni | -۰/۳۱۴ | ۰/۶۳۵ | ۰/۳۲۴ | ۱/۰۰ | | | |
| Fe | -۰/۶۹۲ | ۰/۱۵۸ | ۰/۱۳۴ | ۰/۱۲۴ | ۱/۰۰ | | |
| Ca | ۰/۲۱۲ | ۰/۲۳۰ | -۰/۲۷۵ | -۰/۲۷۸ | -۰/۴۲۵ | ۱/۰۰ | |
| **LoI** | **۰/۶۲۶** | **-۰/۴۵۰** | **۰/۱۵۳** | **-۰/۳۱۶** | **-۰/۴۷۶** | **-۰/۱۸۵** | **۱/۰۰** |

**نتایج آنالیز خوشه ای**

به منظور تجزیه و تحلیل ارتباط عناصر با هم و همچنین با عناصر شاخص انواع آلودگی و در نهایت با شاخص های تعیین کننده منشأ عناصر(آهن شاخص منشأ زمینی،کلسیم شاخص مواد بیوژنیک، بار مواد آلی (LOI) شاخص ترکیبات آلی و وانادیوم و نیکل شاخص مواد نفتی می باشد.) می بایست نتایج حاصل از برنامه Explore به صورت آنالیز خوشه ای و ضرایب تشابه عناصر و ارتباطات آن ها مشخص گردد.

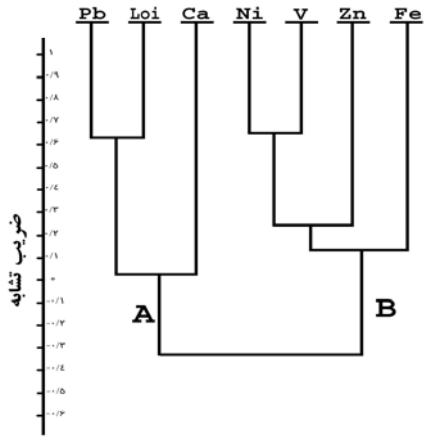
به این منظور از برنامه کامپیوتری Cluster استفاده شد. توسط این برنامه آماری، اطلاعات حاصل از Explore به عنوان داده های ورودی محسوب شده، تجزیه و تحلیل می گردد و در نهایت آنالیز خوشه ای آن به همراه سطوح مختلف ضرایب تشابه ارایه می گردد(۱۳).

با تو جه به نمودار ۸ در شاخه A از آن جا که سرب با مواد آلی تحت ضریب تشابه بالایی یعنی۰/۶۲۶ به هم متصل شده است، می توان گفت که سرب دارای منشأ آلی است، زیرا سرب در خاک به صورت تتراتیل سرب وجود دارد و با مواد آلی موجود در خاک رابطه معنی داری برقرار نموده است. در این شاخه کلسیم هم حضور داردکه به عنوان شاخص بیوژنیک شناخته می شود و با ضریب تشابه پایینی یعنی۰/۰۱۳به سرب و مواد آلی متصل شده است.بنابراین نمی توان گفت سرب

دارای منشأ بیوژنیک است و حضور مواد بیوژنیک تأثیری درغلظت سرب ندارد.

در شاخهB دو عنصر نیکل و وانادیوم تحت ضریب تشابه ۰/۶۳۵ به هم متصل شده اند. از آن جا که وانادیوم به صورت شاخص آلودگی نفتی شناخته شده است، می توان نتیجه گرفت که نیکل به خاطر فعالیت انسان و سوخت انرژی در خاک های این اراضی پراکنده شده است. در این شاخه دو عنصر آهن وروی هم حضور دارندکه با ضرایب پایینی به دو عنصر نیکل ووانادیوم متصل شده اندو از آنجا که آهن به عنوان شاخص زمینی محسوب می شود، می توان استنتاج نمود که منشأ نیکل و روی نمی تواند زمینی باشد.

در آخر دو شاخه B وA تحت ضریب تشابه پایینی یعنی ۰/۳۳۷- به یکدیگر متصل شده اند،که نشان دهنده این است که عناصر موجود در شاخه A تأثیری در افزایش یا کاهش غلظت عناصر شاخه B ندارند.




**شکل ۸ – دندوگرام آنالیز خوشه ای در خاک های اراضی واحد علوم و تحقیقات تهران**

**جمع بندی نتایج**

- مقایسه میانگین غلظت سرب در مطالعه حاضر با غلظت آن در پوسته زمین نشان می دهد که غلظت این عنصر در اراضی واحد علوم وتحقیقات حدود ۱۲۰۰٪ بیشتر از پوسته زمین است ،که علت افزایش غلظت سرب به دلیل آلودگی هوا می باشد.

می توان نتیجه گرفت که سرب به طور کامل از بنزین حذف نشده و یا این که بقایای سرب سال های پیش موجب افزایش غلظت شده است. در غیر این صورت احتمال دارد منشأ آن انواع موتورهای دیزلی که به صورت دائمی و پراکنده در سایت مشغول فعالیت هستند، باشد.

- مقایسه میانگین غلظت روی در محدوده مورد مطالعه با غلظت آن در پوسته زمین نشان می دهد که غلظت این عنصر در اراضی واحد علوم وتحقیقات حدود ۱۳۵٪بیشتر از پوسته زمین است.حضور این عنصر در ترکیب سوخت های فسیلی و فاضلاب مجموعه می تواند باعث افزایش غلظت این عنصر سنگین درخاک های اراضی مورد مطالعه گردد.

- نتایج آنالیز خاک اراضی واحد علوم وتحقیقات نشان می دهد که دسترسی بیولوژیک عنصر سرب از سایر عناصر مورد بررسی بیشتر می باشد.

- نتایج آنالیز خاک اراضی واحد علوم وتحقیقات از نظردسترسی بیولوژیک فلز روی نشان می دهد که مقدار متوسط آن ۲۷ppm می باشد که مقدار آن به حد آستانه مسمومیت گیاهی نمی رسدوغلظت آن نمی تواند باعث مسمومیت و عدم رشد گیاه شود.

- علی رغم نتایج آنالیز خوشه ای نمی توان گفت که سرب دارای منشأ آلی است،زیرا میزان موادآلی در خاک های اراضی واحد علوم وتحقیقات کم است واین ضریب تشابه بالا تنها نشان دهنده واکنش بین سرب و مواد آلی است.

نتایج آنالیز خوشه ای نشان می دهد که نیکل به خاطر فعالیت انسان و سوخت انرژی در خاک های این اراضی پراکنده شده است.

**پیشنهادها**

همان طور که قبلا ذکر شد رانندگان خودروهایی که وظیفه انتقال مراجعان و کارکنان دانشگاه را بر عهده دارند، با توجه به عدم تعبیه و تخصیص مکان مشخصی جهت تعمیر و شست و شو و به طور کلی سرویس خودروها، در بخش های این پردیس اقدام به تعمیر، شستشو و یا سرویس خـــودروهـــا می

نمایند که منجر به آلودگی خاک منطقه بر اثر ریزش روغن های موتور ناشی از تعویض روغن ،ریزش سوخت خودروها (گازوئیل و یا بنزین)، مواد شوینده مورد استفاده در شستشوی خودروها و مواردی از این قبیل می گردد.

تعبیه و تخصیص مکان مشخصی جهت تعمیر و شست وشو و به طور کلی سرویس خودروهای موجود در حدود طرح اراضی واحد علوم وتحقیقات برای جلویگری از آلودگی خاک ضروری می باشد.پیشنهاد می گردد که گیاهانی که دارای خاصیت تجمع بالای فلزات هستند جهت رفع آلودگی سرب در اراضی واحد علوم و تحقیقات مورد استفاده قرار گیرند. این گیاهان می بایست دارای ویژگی های زیر باشند:

- توانایی تحمل بالای عناصر در ریشه و سلول های جوانه .
- توانایی انتقال عناصر از ریشه به جوانه ها با یک نسبت بالا .
- توانایی جذب سریع عناصر محلول در سطوح مختلف خاک .

با توجه به موارد متعدد می توان در خصوص انتخاب نوع گیاه موارد زیر را رعایت نمود:

اقلیم منطقه نیمه خشک سرد تا نیمه مرطوب می باشد که جامعه گیاهی بومی آن از نوع مرتعی و شامل علفزار و بوته زار می باشدو pH خاک نیز بالا است.

تحقیقات مشخص کرده است که بیشترین تمرکز روی در برگ وساقه یونجه(Medicago sativa ) می باشد. این گیاه بومی ایران بوده و از این منطقه به اکثر نقاط دنیا برده شده است . گونه ای است که در شرایط ۳۰۰ میلی متر بارندگی رشد می کند . میزان مناسب بذر جهت بذر کاری ۴ کیلوگرم در هکتار و عمق مناسب کاشت یک سانتی متر می باشد . مقاومت آن نسبت به سرما و گرما از ۲۰- تا ۴۰+ درجه سانتی گراد است(۱۴).

یونجه طی چندین سال عمر خود ، مقدار زیادی مواد آلی و ازت در خاک باقی می گذارد. از هر هکتار مزرعه یونجه ، بسته به شرایط رشد، سالانه حدود ۷۰ تا ۱۲۰ کیلو گرم ازت به خاک اضافه می شود.

گیاه دیگر Agrostis capillarsis می باشد تحقیقات نشان داده در معادن متروکه که با مقدار بالایی از سرب و روی آلوده شده، رشد می کند.

گونه های ذرت اهلی (Zea mays) و خردل هندی (B.Juncea) وThlaspi roundifiliumنیز قادر به جذب سرب خاک می باشند. البته در صورتی که pH خاک پایین باشد.

گونه های Thlaspi caerulescensو Arabidopsis halleri نیز دارای توان تجمع بالای روی هستند.

ذرت با نام علمی Zea mays یکی از غلات گرمسیری و از خانواده گندمیان (گرامینه) متعلق به گیاهان تک لپه می باشد. رشد آن به دو عامل محیطی بستگی دارد:

- درجه حرارت : به طور کلی یک گیاه گرمسیری است به یخ بندان حساس است و در دوران زندگی به درجه حرارت بالا نیازمند است.

حداقل درجه حرارت در زمان جوانه زدن ذرت ۱۰ درجه است ولی برخی از نژادهای آن در زیر ۱۰ درجه هم به خوبی جوانه می‌زنند. بعد از کشت ذرت آب و هوای گرم جوانه زدن و ریشه را تسریع می‌کند ولی گرمای شدید و کمبود رطوبت به ویژه در زمان گل ها و به ویژه گل های نر ، خسارت زا است.

- رطوبت : مقدار رطوبت هوا و میزان نزولات آسمانی و زمان آن نقش مهمی در عملکرد ذرت داشته و کمبود نزولات یکی از عوامل محدود کننده کشت این گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید. در واقع کشت دیم ذرت در نقاطی امکان‌پذیر است که میزان بارندگی سالیانه از ۶۰۰ میلی‌متر در دوره رشد کمتر نباشد.

توانایی بذور گونه های مختلف جنس براسیکا در جوانه زدن و رشد در دمای پایین باعث شده است این گونه ها به عنوان یکی از معدود گیاهان زراعی و روغنی زمستانه که

آن ها را در مناطق معتدل؛ ارتفاعات و در شرایط نسبتا خنک کشت می کنند, مطرح باشند. کلزا گیاهی از خانواده چلیپاییان (Cruciferea)و جنس کلمیان (Brassica) است. گونه خردل هندی (Brassica juncea) این گونه با عدد کروموزومی برابر ۳۶ را می توان به وسیله رنگ بذور آن شناسایی کرد. این گونه دارای بذور قهوه ای یا زرد رنگ می شد. رقم های با بذور قهوه ای رنگ به عنوان خردل قهوه ای و رقمهای با بذور زرد رنگ به عنوان خردل زرد یا خردل شرقی شهرت دارند. خردل هندی بهاره است و با شرایط خشک سازگاری کامل دارد و نسبتا زودرس می باشد(۱۵).

**منابع**


1. http://www.ngdir.com.

۲. کردوانی،پ.،۱۳۷۳،"حفاظت خاک". انتشارات دانشگاه تهران،چاپ پنجم.

3. Forstner,U.,Wittman,G.1981. "Metal pollution in the aquatic environment". Springer verlag,N.Y.

4. Karbassi, A. R. 1989. "Geochemistry & Magnetic susceptibility of Riverine, Estuarine & Marine sediments" .Ph.D thesis, Mangalore university, 196p.

۵. میسون ، برایان و کارلتون ب.مر،۱۳۷۳." اصول ژئو شیمی"، برگردان :دکترفرید مر و علی اصغر شرفی،دانشگاه شیراز.

۶. یوسفی،آرش،۱۳۷۸."بررسی وضعیت زیست محیطی پردیس واحد علوم و تحقیقات دانشگا ه آزاداسلامی و ارایه نظریات مدیریتی در راستای توسعه پایدار".پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته مدیریت محیط زیست، واحد علوم وتحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی تهران.

7. Miller, R.W. & Donahue, R.L. 1995, "Soil in our Environment",7th Edition, Prentice Hall, London, pp.346-362.

۸. کرباسی ، عبد الرضا و راجاشخار شانکر ،۱۹۸۹،" تشخیص آلودگی دریایی توسط جداسازی شیمیایی".

9. USEPA Method Bll,METHOD 1311, 1992.

۱۰. مر، فریدو خدیجه زائری ،۱۳۸۲." عناصر زمین "، انتشارات دانشگاه شیراز.

11. http://www.mehrnews.ir/fa/NewsPrint.aspx?NewsID=335638

12. Kataba, A. 1980. " Trace Element in Soils and Plants",CRC Press Inc.,Floreda.

۱۳. بیاتی ، آیدا ۱۳۸۵ ." تعیین پیوند عناصر سنگین با فاز های مختلف رسوبی در رودخانه شفارود". پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته علوم محیط زیست ،دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم وتحقیقات تهران.

14. http://forum.p30world.com/newreply.php?do=newreply&p=385257

15. http://iae.blogfa.com/archive.aspx.