# تاثیر باطله زغال سنگ بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک (مطالعه‌ی موردی: معدن زغال سنگ سوادکوه)

فاطمه ملاآقاپور[۱]، مهدی قاجار سپانلو[۲]، سید مصطفی عمادی[۳]
به ترتیب کارشناس ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

## چکیده

امروزه اراضی کشاورزی به مواد اصلاحی نیاز دارند تا وضعیت خاک را بهبود بخشد. از طرفی استخراج از معادن زغال سنگ باعث تولید باطله‌هایی می‌شود که میتواند برای محیط زیست اثر زیانباری داشته باشد. هدف از این پژوهش تاثیر استفاده از باطله‌ها بر برخی شیمیایی خاک بود. بدین منظور از ۵ سطح تیمار باطله‌ی زغال سنگ در مقادیر ۰ (شاهد)، ۵، ۱۰، ۳۰ و ۵۰ تن در هکتار در دو نوع خاک سبک و سنگین بافت استفاده شد. نتایج نشان داد استفاده از باطله باعث کاهش pH در هر دو نوع خاک شد و همچنین سبب افزایش میزان نیتروژن و کربن خاک سنگین بافت و همچنین فسفر هر دو نوع خاک شد. استفاده از باطله میزان روی را در خاک سنگین بافت و مس را در هر دو نوع خاک افزایش داد. میزان عناصر سنگین سرب و کادمیوم زغال از حد مجاز بیشتر نبود و سبب افزایش قابل ملاحظه این عناصر سنگین در خاک‌ها نشد.

واژه های کلیدی: باطله‌ی زغال سنگ، خاک، عناصر سنگین، اصلاح شیمیایی

## مقدمه

حوزه زغال سنگ البرز مرکزی به وسعت ۳۰ هزار کیلومتر مربع در دامنه‌ی شمالی رشته کوه‌های البرز امتداد دارد. در این منطقه‌ی وسیع، معادن، مناطق اکتشافی و کارخانه‌های زغالشوئی پراکنش جغرافیایی یافته است. باطله‌های معدن زغال سنگ مشکلات زیست محیطی بسیاری را به همراه دارند. استخراج از معادن باعث تولید باطله‌هایی می‌شود که بدون استفاده باقی می‌مانند و بر روی محیط زیست نیز اثر سو دارد (حیدری زاده و همکاران، ۱۳۹۲). کارخانه‌های زیادی وجود دارند که سالیانه باطله‌های بسیاری را در اطراف منطقه‌ی خود دپو کرده و این باطله‌ها و پساب‌های ایجاد شده از آن می‌تواند محیط زیست و زندگی جانوران و حتی انسان‌ها را نیز به خطر بیاندازد. روش‌هایی را می‌توان به کار گرفت تا باطله‌ها را مدیریت کرده و از آن استفاده‌ی مفیدی به عمل آورد. استفاده از باطله‌های معدن نه تنها از لحاظ اقتصادی، بلکه از لحاظ زیست محیطی نیز حائز اهمیت است (غضبان و عزیزی، ۱۳۹۰). آب و هوای مرطوب و معتدل باعث می‌شود انحلال کانی‌های فلزی و غیرفلزی موجود در باطله‌ها با سرعت بیشتری صورت گیرد. این فرآیند باعث آزاد سازی عناصر در محیط گشته و موجب آلودگی آب و خاک منطقه می‌شود. استفاده‌ی مجدد از باطله‌های معدنی از دیدگاه اجتماعی و زیست محیطی اهمیت دارد، اما انجام این کار باید اقتصادی باشد (نادری، ۱۳۸۶). از خواص زغال‌سنگ می‌توان به تخلخل آن اشاره کرد. زغال سنگ جسمی متخلخل با منافذ مویینه و سوراخ‌هایی با اندازه‌های مختلف و ساختاری اسفنجی است که در نتیجه مایعات و گازها را به راحتی درون خود نفوذ می‌دهد (Querol et.al, 2008). اغلب عناصر در بخش‌های معدنی و در درزها و شکاف‌های موجود در زغال سنگ قرار می‌گیرند و با کانی‌های رسی، کربنات‌ها و سولفیدها در ارتباط هستند. میزان عناصر کمیاب در زغال سنگ‌های حوزه‌های زغالی مختلف جهان بسیار متغیر است (Finkelman, 1999).

حیدری زاده و همکاران (۱۳۹۱)، پژوهشی در رابطه با خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی باطله‌ی زغال سنگ زرند کرمان به منظور استفاده در کشاورزی انجام دادند. تحقیقات آن‌ها بر روی تاثیر باطله بر روی خاک‌های سبک و سنگین بافت نشان داد که اضافه کردن باطله به خاک سبک بافت موجب افزایش میزان کربن آلی خاک شد، اما تاثیر چندانی بر میزان کربن آلی خاک با بافت سنگین نداشت. همچنین اضافه کردن باطله به خاک با بافت سبک، موجب افزایش سولفات در

عصاره‌ی اشباع خاک شد، این مساله نشان دهنده‌ی آبشویی زیاد خاک سبک بافت و از دسترس خارج شدن سولفات آن می‌باشد. از زغال سنگ قهوه‌ای به منزله‌ی یک منبع غنی از مواد هومیک و به عنوان کود و محرک رشد گیاه استفاده می‌شود. زغال سنگ قهوه‌ای در خاک‌های اسیدی، می‌تواند قابلیت دسترسی $Al^{3+}$ را از طریق کمپلکس با گروه‌های عاملی خود کاهش دهد که خود موجب افزایش رشد گیاه می‌شود. زغال سنگ قهوه‌ای فسفر قابل دسترس گیاه را افزایش داده و باعث بهبود جذب فسفر توسط گیاه می شود. اختلاط خاک با زغال سنگ قهوه‌ای، اسیدیته‌ی خاک را به شدت کاهش داده و محتوای کربن آلی آن را افزایش می‌دهد. همچنین زغال سنگ قهوه‌ای موجب کاهش قابل ملاحظه‌ی سرب، روی و کادمیوم گیاهان شده است (Yazawa et.al, **2000**). شرایط هوازدگی طبیعی ممکن است باعث شود این باطله‌های زغال سنگ در اثر شکسته شدن به اندازه‌ی ذرات رس کوچک شوند. از طریق این فرآیند حجم انبوهی از این ذرات می‌توانند در محیط زیست آزاد شوند (Park et.al, **2014**). باطله‌ها می‌توانند برحسب نوع فرآیند، دانه درشت و یا دانه ریز باشند و با توجه به ماهیت مواد معدنی و روش فرآوری، ترکیب فیزیکی و شیمیایی آن‌ها نیز متفاوت می‌باشد. بنابراین مدیریت باطله‌ها به ترکیب فیزیکی و شیمیایی باطله، محل کارخانه و دیگر پارامترها وابسته است (رضایی، ۱۳۹۱). هدف از این پژوهش بررسی استفاده از باطله زغال سنگ بر برخی خواص شیمیایی دو خاک با بافت‌های سبک و سنگین می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

باطله‌های معدن زغال سنگ سوادکوه جهت مخلوط شدن با خاک از الک ۱۲۰ مش رد شدند. تیمارها از پنج سطح مختلف از باطله تشکیل شد که با نسبت ۰(شاهد)، ۵، ۱۰، ۳۰ و ۵۰ تن در هکتار با دو نوع خاک سبک بافت (Sand) و سنگین بافت (Clay Loam) مخلوط شدند. در این پژوهش از گلدان‌هایی با گنجایش ۱۰ کیلوگرم استفاده شد و پس از اختلاط خاک با باطله، گلدان‌ها با آرایش تصادفی و به مدت ۳ ماه در گلخانه قرار گرفتند. در طول مرحله‌ی انکوباسیون، رطوبت گلدان‌ها در حد ظرفیت رطوبت مزرعه نگه داشته شدند. ۳۰ گلدان برای ۵ تیمار و ۳ تکرار به همراه دو نوع خاک در نظر گرفته شد. پس از وزن کردن ۱۰ کیلوگرم خاک برای هر گلدان، با توجه به جرم مخصوص ظاهری دو نوع خاک و با در نظر گرفتن ۳۰ سانتی متر ارتفاع گلدان تیمارهای باطله با خاک مخلوط شد و در گلدان مخصوص به خود قرار گرفت. در این پژوهش زغال به عنوان گیاه در نظر گرفته شد (حیدری زاده و همکاران، ۱۳۹۲)، و خصوصیات اولیه‌ی باطله‌ی زغال سنگ از نظیر pH، EC، میزان عناصر نیتروژن کل، فسفر، پتاسیم، سرب، روی، مس و کادمیوم در انساج گیاهی اندازه‌گیری شد (جدول۱) و میزان عناصر سنگین در باطله با مقدار استاندارد مقایسه شد (جدول۲).

پس از گذشت مرحله‌ی انکوباسیون، آنالیزهای مربوطه انجام شد و سپس تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد.

**جدول ۱- خواص نمونه‌های باطله‌ی زغال سنگ**

| نمونه | pH | EC dS/m | N % | P mg/kg | K mg/kg | Zn mg/kg | Cu mg/kg | Pb mg/kg | Cd mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| باطله | ۵/۶۰ | 0/39 | 0/74 | 0/76 | 13/62 | 11/53 | 12/57 | 44/54 | 0/89 |

**pH و EC با نسبت ۱ به ۱۰ اندازه‌گیری شدند.**

**جدول ۲- برخی از خصوصیات نمونه‌های خاک**

| نمونه | pH | EC dS/m | N % | C % | P(ava.) mg/kg | K(ava.) mg/kg | Zn(ava.) mg/kg | Cu(ava.) mg/kg | Pb(ava.) mg/kg | Cd(ava.) mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک سبک | 8/41 | 0/538 | 0/09 | 1/17 | 2/25 | 40/83 | ۱۶/22 | 11/24 | 14/05 | 1/02 |
| خاک سنگین | 7/68 | 0/936 | 0/22 | 2/38 | 14/05 | 350/95 | 63/74 | 22/84 | 60/67 | 3/45 |

## نتایج و بحث

در این پژوهش از باطله زغال سنگ به عنوان ماده‌ی اصلاحی خاک استفاده شد. از آنجایی که زغال دارای عناصر سنگین است، میزان عناصر سرب و کادمیوم اندازه‌گیری و با مقدار استاندارد جهانی مقایسه شد (جدول ۳).

**جدول ۳- مقایسه عناصر سنگین در باطله با مقدار مجاز بر اساس استاندارد SRM 695 (Mackey et al. 2015)**

| | سرب mg/kg | کادمیوم mg/kg |
|---|---|---|
| حد استاندارد | ۲۷۳ | 16/9 |
| نمونه باطله | 44/54 | 0/89 |

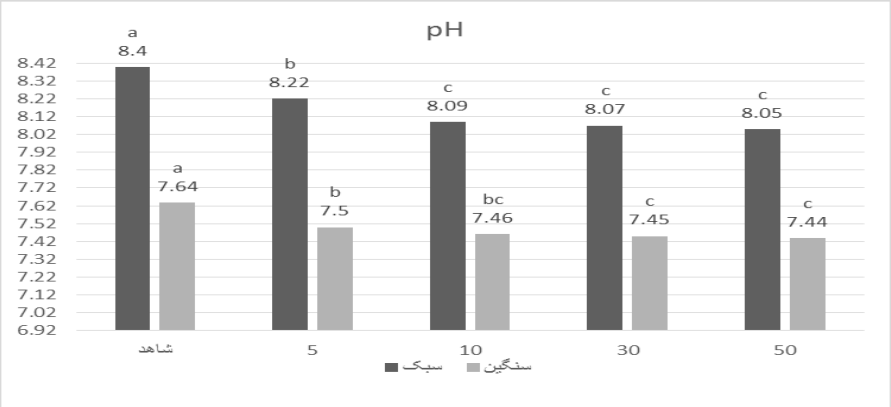
طبق نتایج به دست آمده میزان عناصر سرب و کادمیوم در نمونه‌ی باطله کمتر از میزان استاندارد بوده و با افزودن مقادیر باطله در خاک افزایش قابل ملاحظه‌ای از عناصر سنگین را نشان نمی‌دهد. میزان هدایت هیدرولیکی باطله 0/39 دسی زیمنس بر متر بوده و افزودن آن به خاک باعث تغییرات معنی‌دار در تیمارها نشد.

**جدول ۴- مقایسه میانگین برخی از خواص شیمیایی خاک**

| | تیمار | C % | N % | P (ava.) mg/kg | K (ava.) mg/kg | Zn (ava.) mg/kg | Cu (ava.) mg/kg | Pb (ava.) mg/kg | Cd (ava.) mg/kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک سنگین | ۰ (شاهد) | 2/76 b | 0/24 b | 14/256 c | 350/17 b | 63/97 b | 22/22 b | 61/95 a | 3/90 a |
| | ۵ تن باطله در هکتار | 2/85 b | 0/25 b | 16/22 bc | 370/37 a | 80/13 a | 24/24 a | 62/62 a | 3/23 a |
| | ۱۰ تن باطله در هکتار | 2/86 b | 0/25 b | 18/85 b | 353/54 b | 84/17 a | 24/24 a | 62/62 a | 4/24 a |
| | ۳۰ تن باطله در هکتار | 3/03 a | 0/26 a | 22/51 a | 346/80 bc | 83/50 a | 24/91 a | 65/32 a | 5/05 a |
| | ۵۰ تن باطله در هکتار | 3/13 a | 0/27 a | 23/09 a | 333/33 c | 82/82 a | 24/91 a | 66/66 a | 5/11 a |
| خاک سبک | ۰ (شاهد) | 1/19 a | 0/10 a | 2/64 c | 39/39 c | 16/16 a | 11/44 c | 14/81 b | 1/07 b |
| | ۵ تن باطله در هکتار | 1/27 a | 0/11 a | 4/11 bc | 78/78 a | 18/18 a | 14/14 bc | 14/81b | 1/88 ab |
| | ۱۰ تن باطله در هکتار | 1/27 a | 0/11 a | 5/02 abc | 56/90 b | 5/52 b | 14/14 bc | 15/48 b | 2/28 ab |
| | ۳۰ تن باطله در هکتار | 1/31 a | 0/11 a | 5/77 ab | 52/52 b | 2/42 b | ab 22/22 | 16/16 ab | 2/42 ab |
| | ۵۰ تن باطله در هکتار | 1/33 a | 0/11 a | 7/49 a | 52/52 b | 3/16 b | 28/28 a | 20/20 a | 3/16 a |

**اعداد با حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار هر نوع خاک در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD می‌باشد.**

pH باطله مصرفی 5/60 بوده و استفاده از آن باعث تغییرات معنی‌داری در سطح ۵ درصد در سطوح مختلف هر دو خاک گشته است.




**شکل ۱- نمودار تاثیر باطله بر کاهش pH خاک (اعداد با حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار هر نوع خاک در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD می‌باشد.)**

pH زغال اثرات ثانویه‌ای را به همراه دارد و همانطور که نتایج نشان می‌دهد، pH کم و اسیدی آن می‌تواند اثر مثبتی بر واکنش‌های شیمیایی خاک و آزادسازی املاح مورد نیاز گیاه داشته باشد. اضافه کردن باطله در تمام سطوح موجب افزایش معنی‌دار کربن و نیتروژن خاک سنگین و فسفر در هر دو خاک شد. افزایش پتاسیم هم در خاک سبک بافت و هم در خاک سنگین بافت در سطح ۵ تن در هکتار معنی‌دار بوده و با افزایش به بیش از این مقدار، پتاسیم کاهش پیدا کرد. دلیل این امر می‌تواند وجود گروه‌های عاملی زیاد در زغال باشد که باعث جذب پتاسیم به این گروه‌های عاملی می‌شود. میزان عنصر روی در خاک سنگین بافت، با مصرف باطله افزایش یافت اما در خاک سبک بافت تا سطح مصرف ۵ تن در هکتار باطله افزایش و پس از آن کاهش یافت. میزان عنصر مس نیز با افزایش سطح مصرف باطله افزایش یافت.

باطله معدن زغال سنگ سواد کوه با کاهش pH خاک، سبب افزایش قابلیت دسترسی عناصر در خاک‌های آهکی شد و این نوع باطله می‌تواند در جهت اصلاح واکنش خاک‌های آهکی مفید باشد.

## منابع

حیدری‌زاده، م. نقوی، ه. و مقدم، م. ۱۳۹۲. بررسی خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و حاصلخیزی باطله های زغال سنگ به منظور استفاده در کشاورزی. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال چهارم، شماره ۱۴، صفحه‌های ۵۸ تا ۷۱.

رضایی، ب. ۱۳۹۱. فرآوری مواد معدنی. شرکت چاپ و نشر کتاب های درسی ایران، تهران.

غضبان، ف. عزیزی، الف. و عزیزی، الف. ۱۳۹۲. مدیریت پسماند حاصله از معدن کاری زغال در البرز مرکزی (زیراب). اولین همایش ملی محیط زیست، صنعت و اقتصاد.

نادری، ح. ۱۳۸۶. مطالعات امکان سنجی طرح بازیافت ضایعات سنگی. جهاد دانشگاهی تربیت مدرس.

Finkelman R.B. 199۹. Trace Element in Coal Environmental and Health Significance. Biological Trace Element Research. ٦٧: 197-204.

Mackey E. A., Cronise M. P., Fales C.N., Greenberg R.R., Leigh S.D., Long S.E., Marlow A.F., Murphy K.E., Oflaz R., Sieber J.R., Rearick M.S., Wood L.J., Yu L.L., Wilson S.A., Briggs P.H., Brown Z.A., Budahn J., Kane P.F., and Hall W.L. 20۱۵. Development and certification of the new SRM 695 trace elements in multi-nutrient fertilizer. Anal Bioanal Chem., 387: 2401-2409.

Park J.H., Edraki M., Mulligan D. and Jang H.S. 2014. The application of coal combustion by products in mine site rehabilitation. Journal of cleaner production 84: 761-772.

Querol X., Izquierdo M., Monfort E., Alvarez E., Font O., Moreno T., Alastuey A., Zhuang X., Lu, W. and Wang Y. 2008. Environmental characterization of burnt coal gangue banks at Yangquan, Shanxi Province, China. International Journal of Coal Geology, 75: 93-104.

Yazawa Y., Wong M. T. F., Gilkes R. J. and Yamaguchi T. 2000. Effect of additions of brown coal and peat on soil solution composition and root growth in acid soil from wheatbelt of Western Australia. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 31: 743-758.

**The impact of byproducts of coal mining on some soil chemical properties (Case Study: Coal Mine Savadkooh)**

F. Mollaaghapour [1], M. Ghajar Sepanlou [2], S. M. Emadi [3]

Master of Soil Science, Associate Professor and Assistant Professor respectively, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources

**Abstract**

Todays, the agricultural land needs the amendments to improve the soil condition. On the other hands, the byproducts of coal mines can be harmful to the environment and also a potential amendment. The objective of this research was to investigate the impact of waste on some soil chemical properties. For this purpose, 5 levels of byproducts to a value of 0 (control), 5, 10, 30 and 50 tons per hectare was applied to both light and heavy soils. The results showed that the byproducts application has been reduced pH in both soil types. As well as an increase in soil carbon and nitrogen in heavy soil occurred and the enhanced phosphorus in both types of soil were observed. The use of byproducts increased the amount of zinc in heavy soil and copper in both soils. The amount of lead and cadmium in coal were less than the critical level and the increase in treatments was not significant.

**Keywords:** Byproducts, coal mining, Soil, Heavy metals, Chemical modification