**محور مقاله: حاصلخیزی خاک، تغذیه گیاه و کشت گلخانه‌ای**

# تأثیر کاربرد ضایعات سنگبری و شوری آب آبیاری بر رشد و جذب کادمیم توسط خیار (*Cucumis sativus L.*) در شرایط گلخانه

مرضیه تقی پور[۱*]، محسن جلالی[۲]

[۱] پژوهشگر پسادکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا

## چکیده

این مطالعه به بررسی اثر ضایعات حاصل از کارخانه سنگبری (SCW) و شوری آب آبیاری بر رشد و جذب عنصر کادمیم توسط گیاه خیار در شرایط گلخانه‌ای می‌پردازد. پس از دو ماه انکوباسیون یک نمونه خاک با ۵ و ۱۰ درصد از ضایعات سنگبری، نشاء خیار به گلدان‌ها منتقل شد. گیاهان در دوره رشد توسط آب آبیاری با شوری ۰، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر آبیاری شده و بعد از ۲ ماه دوره کشت در شرایط گلخانه‌ای، برداشت شدند. وزن خشک و غلظت کادمیم در ریشه، ساقه و میوه گیاهان اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که افزودن ضایعات سنگبری به خاک منجر به کاهش وزن خشک تمام بخش‌های گیاه شده است. همچنین غلظت کادمیم در ریشه و ساقه گیاه در خاک تیمار شده با ضایعات سنگبری نسبت به خاک شاهد اختلاف معنی-داری نشان داد. در همه تیمارها، پارمترهای رشد گیاه با افزایش شوری، کاهش یافت. شاخص ریسک سلامت جمعیت (HRI) برای کودکان و افراد بالغ در همه تیمارها کمتر از ۱ به دست آمد. بنابراین خطر ناشی از ورود کادمیم با مصرف خیار رشد یافته در این خاک‌های آلوده، در محدوده قابل قبول قرار دارد.

**کلمات کلیدی**: ضایعات سنگبری، شوری آب آبیاری، کادمیم، خیار

## مقدمه

در سال‌های اخیر تمایل برای شهرنشینی در ایران افزایش یافته است. بنابراین نیاز برای ساخت ساختمان‌های جدید رو به افزایش است. سنگ‌های مختلف با سختی و پایداری بالا از مهمترین مواد اولیه لازم برای ساخت و ساز هستند. بدیهی است که تأمین سنگ‌های ساختمانی و نما، استخراج بیشتر این سنگ‌ها از معادن و فرآوری آن‌ها در کارخانه‌های سنگبری را طلب می‌کند. ایران با دارا بودن معادن گسترده سنگ های‌نما و تزیینی، شاهد استقرار کارخانه‌های سنگبری فراوانی در استان‌ها و شهرهای مختلف است. به طوری که بر اساس آمار موجود در کشور، ۴۹۲۵ واحد صنعتی کوچک و بزرگ در زمینه بریدن، شکل دادن و تکمیل سنگ، فعالیت می نمایند (به نقل از رفرنس Mosaferi و همکاران، ۲۰۱۳). در طی فرآوری در کارخانه‌های سنگبری، به دلایل مختلف از جمله روش‌های نادرست استخراج در معادن و عدم بهره‌گیری از تجهیزات مدرن در کارخانجات, عدم استفاده از کارگران ماهر، کیفیت پایین خود سنگ و نیز در طی فرآیند برش، بخشی از سنگ معدن تبدیل به ضایعات شده و نهایتاً بایستی دفع گردد. نتایج نشان می‌دهند که ۳۵/۰ تا ۵۲/۵ درصد از سنگ‌های خام اولیه در کارخانه‌های سنگبری به ضایعات تبدیل می‌شوند، که این مقدار بستگی به روش‌های استفاده در برش و صیقل دادن سنگ‌ها دارد. همچنین برای تولید هر تن سنگ، ۰/۸ تا ۲/۸ مترمکعب فاضلاب تولید می‌شود (Mosaferi و همکاران، ۲۰۱۳). دفع نامناسب ضایعات حاصل از صنایع سنگبری می‌تواند تأثیرات زیست محیطی مربوط به خود را به دنبال داشته باشد. به طور کلی ضایعات صنعتی شامل ضایعات جامد، مایع و گاز می‌باشند. همه انواع این ضایعات پتانسیل آلودگی خاک و آب را دارند.

متأسفانه علیرغم اهمیت بالای این نوع از ضایعات در بین انواع مختلف ضایعات صنعتی، مطالعات بسیار کمی در مورد آلودگی آن‌ها صورت گرفته است. وجود غلظت بالای عنصر کادمیم در این ضایعات و خاک‌های تیمار شده با آن‌ها توسط Taghipour و Jalali (۲۰۱۵) و Mosaferi و همکاران (۲۰۱۴) گزارش شده است. با این وجود اطلاعاتی در زمینه تأثیر این ضایعات بر رشد و جذب عناصر سنگین توسط گیاهان و اثر مصرف گیاهان رشد یافته در این مراکز آلوده بر سلامتی انسان‌ها وجود ندارد. از طرف دیگر کاهش آب با کیفیت منجر شده است که که کشاورزان از آب‌هایی با کیفیت نامناسب جهت آبیاری استفاده کنند. مطالعات مختلف نشان داده است که استفاده از آب شور بر جذب عناصر توسط گیاهان و انتقال آن‌ها به زنجیره غذایی انسان‌ها مؤثر است. بنابراین این مطالعه جهت بررسی تأثیر کاربرد ضایعات سنگبری و ظوری آب آبیاری بر رشد و جذب کادمیم توسط خیار در شرایط گلخانه انجام شد.

* ایمیل نویسنده مسئول: mtaghipour81@yahoo.com

## مواد و روش‌ها

به منظور انجام آزمایشات، یک نمونه از خاک‌های استان همدان و ضایعات جامد کارخانه سنگبری انتخاب گردید. همه نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، هوا خشک شده، کوبیده و از الک ۲ میلی‌متری گذرانده و جهت انجام آزمایشات بعدی نگهداری شدند. نمونه خاک با ۵ و ۱۰ درصد از ضایعات سنگبری (SCW-5 و SCW-10) مخلوط شده و پس از آماده شدن همه تیمارها، نمونه‌ها به مدت دو ماه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ظرفیت زراعی انکوباسیون شدند. پس از اتمام زمان انکوباسیون، نمونه‌ها هوا خشک شده و از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شدند. وزن مشخصی از هر تیمار (۲/۵ کیلوگرم) وزن شده و در گلدان‌های ۳ کیلوگرمی ریخته شد. در این مطالعه از بذر رقم نگین خیار استفاده شد. جهت تهیه نشاء، بذر خیار در داخل سینی‌های نشاء کشت شده و پس از تشکیل سه برگ، گیاهان به گلدان‌ها منتقل شدند. در طول دوره رشد از آب‌هایی با شوری ۰، ۴ و ۸ دسی زیمنس بر متر جهت آبیاری گیاهان استفاده شد. پس از دو ماه، گیاهان برداشت شدند. سپس بخش‌های مختلف آن شامل ریشه، ساقه و میوه از هم جدا، با آب مقطر شسته و در آون خشک شدند. وزن خشک و همچنین غلظت کادمیم در بخش‌های مختلف این گیاهان با استفاده از اسید نیتریک عصاره‌گیری و غلظت کادمیم در عصاره‌ها با دستگاه جذب اتمی تعیین شد. به منظور سنجش کیفیت خیار برداشت شده از گلدان‌ها تحت اثر ضایعات و شوری و خطر احتمالی حاصل از مصرف این محصولات برای انسان شاخصی به نام شاخص ریسک برای سلامتی (HRI) تعریف و محاسبه گردید (Jalali و Hemati Matin، ۲۰۱۹؛ Munoz و همکاران، ۲۰۱۷):

$$HRI = \frac{EDI}{ORD}$$

در این فرمول، ORD مقدار حد مجاز جذب عناصر سنگین در یک روز توسط انسان می‌باشد. این مقدار برای کادمیم ۰/۰۰۳ میلی گرم بر کیلوگرم در روز است (US-EPA IRIS, 2006). EDI، میانگین جذب روزانه عناصر سنگین از فرمول زیر محاسبه شد:

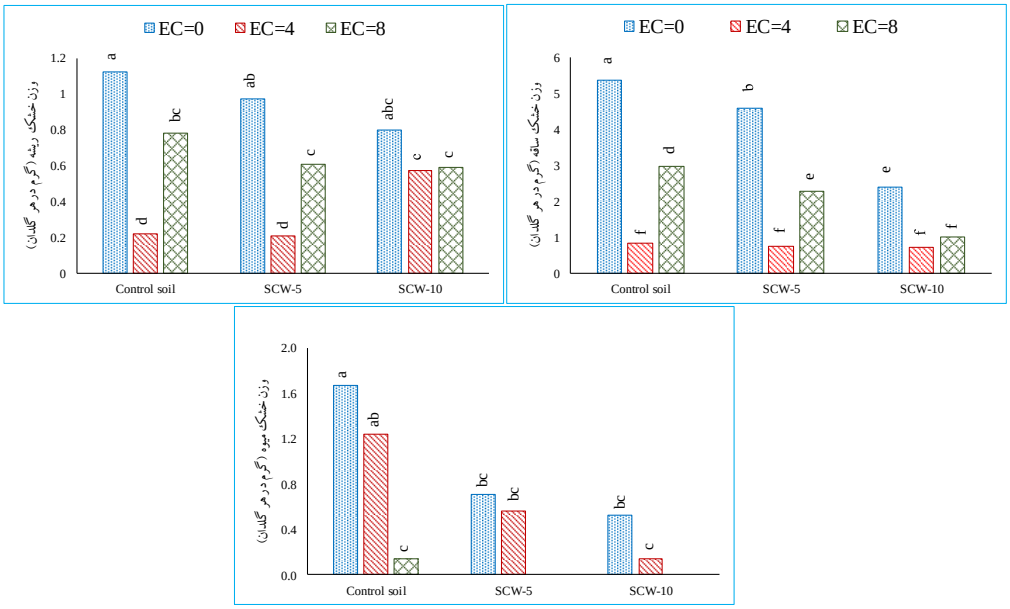
$$EDI = \frac{C \times F_{IR}}{W_{AB}}$$

C: غلظت عنصر در گیاه ($mg\ kg^{-1}$)، $F_{IR}$: مقدار مصرف روزانه محصول خیار است. سرانه مصرف سبزیجات در ایران ۱۰۹/۰ گرم می‌باشد (Institute of standard and Industrial Research of Iran, ISIRI، ۲۰۱۰). $W_{AB}$: وزن بدن انسان است که در این مطالعه به ترتیب برای کودکان و افراد بالغ ۷۰/۷ و ۳۲/۹ کیلوگرم در نظر گرفته شد (Rout و همکاران، ۲۰۱۳).

## نتایج و بحث

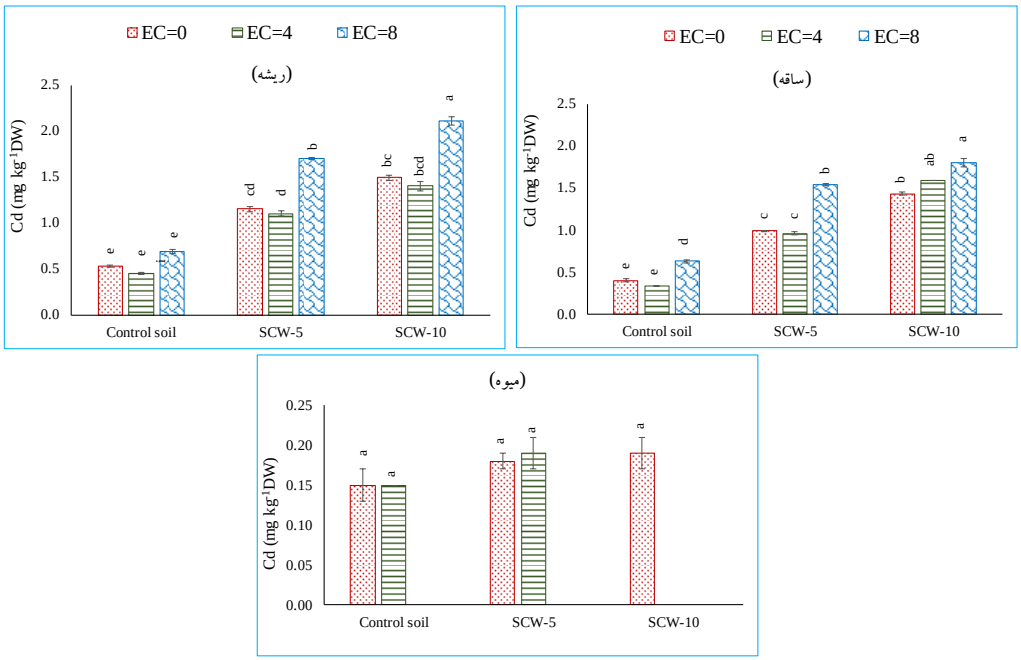
بررسی غلظت کل کادمیم، غلظت بالای این عنصر را در ضایعات جامد سنگبری (۱۲/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) نشان داد. سنگ‌های مختلف از جمله تراورتن، گرانیت، مرمر و چینی در کارخانه‌های سنگبری استان همدان مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به فرآیندهای تشکیل این سنگ‌ها احتمال حضور فلزات سنگین در آن‌ها وجود دارد. در طی فرآوری‌های صورت گرفته بر روی سنگ‌ها در کارخانه‌های سنگبری نیز، به علت به کار بردن فلزات مختلف برای برش سنگ‌ها، ضایعاتی تولید می‌شوند که حاوی مقادیر مختلفی از فلزات سنگین هستند. Mosaferi و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که غلظت کادمیوم در ضایعات سنگبری به طور متوسط ۲۰ برابر بیشتر از غلظت آن در پوسته زمین است. مقایسه غلظت کل فلزات سنگین موجود در ضایعات مورد بررسی، با حداکثر غلظت مجاز این عناصر برای افزودن به خاک‌های کشاورزی (GB 4284-84) (به نقل از منبع Cai و همکاران، ۲۰۰۷) نشان می‌دهد که غلظت کادمیوم در ضایعات سنگبری بالاتر از حداکثر غلظت استاندارد برای مصارف کشاورزی (۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است. بنابراین افزودن این ضایعات به خاک می‌تواند منجر به افزایش غلظت کادمیم در خاک‌ها و به دنبال آن آلودگی آب‌های زیرزمینی شود.

شکل ۱ تأثیر افزودن ۵ و ۱۰ درصد از ضایعات سنگبری و مقدار شوری آب آبیاری را بر وزن خشک ریشه، ساقه و میوه خیار نشان می‌دهد. با توجه به شکل افزودن ضایعات سنگبری و همچنین افزایش شوری آب آبیاری از ۰ تا ۸ دسی زیمنس بر متر منجر به کاهش قابل توجه عملکرد گیاه شده است. در تیمارهای حاوی ۵ و ۱۰ درصد ضایعات سنگبری آبیاری شده با آب با شوری ۸ دسی زیمنس بر متر، میوه تشکیل نشد. کاهش رشد گیاهان می‌تواند به علت رهاسازی فلزات سنگین به ویژه کادمیم، افزوده شدن نمک‌های محلول و ویژگی‌های فیزیکی ضعیف خاک به دنبال افزودن ضایعات سنگبری به خاک‌ها باشد.




شکل ۱: تأثیر افزودن ضایعات سنگبری (SCW) و شوری آب آبیاری بر وزن خشک ریشه، ساقه و میوه خیار

تجمع کادمیم در بخش‌های مختلف گیاه در شکل ۲ نشان داده شده است. در همه تیمارهای حاوی ضایعات سنگبری، غلظت کادمیم در ریشه و ساقه خیار به طور قابل توجهی بیشتر از گیاهان کنترل بود. بیشترین و کمترین مقدار کادمیم به ترتیب در تیمارهای حاوی ۱۰ درصد ضایعات سنگبری آبیاری شده با شوری بالا (SCW-10, EC=8) و خاک شاهد با شوری متوسط (blank soil, EC=4) مشاهده شد. وجود غلظت بالای کادمیم در خاک-های تیمار شده با ضایعات سنگبری منجر به افزایش مقدار آن در بخش‌های مختلف گیاه شده است. در اغلب تیمارها، افزایش شوری آب آبیاری از ۰ تا ۸ دسی زیمنس بر متر به طور قابل توجهی مقدار کادمیم در ریشه و ساقه خیار را افزایش داده است. اثر شوری بر قابلیت دسترسی کادمیم به طور عمده به علت تشکیل کمپلکس‌های محلول $CdCl_n^{2-n}$ در خاک‌ها و رقابت کادمیم با یون‌های کلسیم و منیزیم برای مکان‌های جذبی خاک می‌باشد (Acosta و همکاران، ۲۰۱۱). بر اساس بیشترین حد مجاز کادمیم در سبزیجات (FAO-WHO، ۲۰۰۶) (۰/۰۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر میوه)، مقدار کادمیم در میوه خیار در همه تیمارها در حد قابل قبول می‌باشد. مقادیر EDI و HRI کادمیم به واسطه مصرف خیار رشد یافته در خاک‌های تیمار شده با ضایعات سنگبری و تحت تنش شوری در جدول ۱ ارائه شده است. مقادیر ارائه شده در این جدول، میانگین مقدار EDI و HRI در شوری مختلف آب آبیاری می‌باشد. مقدار HRI کادمیم برای انسان‌های بالغ و کودکان کمتر از ۱ به دست آمد. بنابراین مصرف خیار رشد یافته در این مناطق صنعتی خطری برای سلامتی انسان‌ها ندارد. اما با توجه به نتایج جدول،




شکل ۲: تأثیر افزودن ضایعات سنگبری (SCW) و شوری آب آبیاری بر غلظت کادمیم در ریشه، ساقه و میوه خیار

بیشترین مقدار HRI در گیاهان تیمار شده با ضایعات سنگبری به دست آمد، که بیانگر این است که کیفیت محصولات و سلامتی مصرف کنندگان در مناطق صنعتی تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

جدول ۱: تأثیر افزودن ضایعات سنگبری (SCW) بر شاخص ریسک سلامتی (HRI) و میانگین جذب روزانه (EDI) کادمیم

| تیمارها | کودکان | | افراد بالغ | |
|---|---|---|---|---|
| | EDI | HRI | EDI | HRI |
| Blank soil | ۰/۰۰۰۲۵ | ۰/۰۸۳ | ۰/۰۰۰۲۳ | ۰/۰۷۷ |
| SCW-5 | ۰/۰۰۰۳۱ | ۰/۱۰۲ | ۰/۰۰۰۲۹ | ۰/۰۹۵ |
| SCW-10 | ۰/۰۰۰۳۱ | ۰/۱۰۵ | ۰/۰۰۰۲۹ | ۰/۰۹۸ |

## نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که افزودن ضایعات سنگبری باعث آلودگی خاک‌ها به کادمیم می‌شود. کشت خیار در خاک‌های آلوده شده به ضایعات سنگبری، کاهش وزن خشک ریشه، ساقه و میوه خیار را به دنبال داشت. همچنین غلظت کادمیم در بخش‌های مختلف گیاه در خاک‌های تیمار شده با ضایعات سنگبری افزایش نشان داد. افزایش شوری آب آبیاری از ۰ تا ۸ دسی زیمنس بر متر منجر به کاهش عملکرد و افزایش جذب کادمیم توسط گیاه شده است. میزان شاخص ریسک سلامتی برای همه گروه‌های سنی مورد مطالعه کمتر از ۱ به دست آمد و نشان دهنده این است که احتمال خطـر ناشی از

کادمیم از مسیر خوردن خیار در خاک‌های تیمار شده با ضایعات سنگبری، بـرای همـه گروه‌های سنی مورد مطالعه در این پـژوهش به طور جدی وجود ندارد. اما با توجه به مقدار بالاتر این شاخص در خاک‌های تیمار شده با ضایعات سنگبری، مصرف محصولات در این مناطق باید با دقت بیشتری صورت گیرد.

**منابع:**

Acosta, J.A., Jansen, B., Kalbitz, K., Faz, A. and Martínez-Martínez, S. 2011. Salinity increases mobility of heavy metals in soils. Chemosphere, 85, 1318–1324.

Cai, Q.Y., Mo, C.H., Wu, Q.T., Zeng, Q.Y., and Katsoyiannis, A. 2007. Concentration and speciation of heavy metals in six different sewage sludge-composts. J. Hazard. Mater. 147, 1063-1072.

Codex, 2006. Codex alimentarius commission, Joint FAO/WHO Food additive and Contaminants. The Hague, the Netherlands.

ISIRI (Institute of Standards and Industrial Research of Iran). 2010. Food and feed-maximum limit of heavy metals. Institute of standards and industrial research of Iran.

Jalali, M. and Hemati Matin, N. 2019. Nutritional status and risks of potentially toxic elements in some paddy soils and rice tissues. Int. J. Phytoremediat. 18, 1-9.

Mosaferi, M., Dianat, I., Khatibi, M.S., Mansour, S.N., Fahiminia, M and Hashemi, A.A. 2014. Review of environmental aspects and waste management of stone cutting and fabrication industries. J. Mater. Cycles Waste Manage. 16, 721–730.

Munoz, O., Zamorano, P., Garcia, O. and Bastıas, J.M. 2017. Arsenic, cadmium, mercury, sodium, and potassium concentrations in common foods and estimated daily intake of the population in Valdivia (Chile) using a total diet study. Food Chem Toxic. 109: 1125–1134.

Rout, T.K., Masto, R.E., Ram, L.C., George, J. and Padhy, P.K. 2013. Assessment of human health risks from heavy metals in outdoor dust samples in a coal mining area. Environ. Geochem. Health. 35, 347–356.

Taghipour, M. and Jalali, M. 2015. Effect of nanoparticles on kinetics release and fractionation of phosphorus. J. Hazard. Mater. 283, 359–370.

US-EPA IRIS, 2006. United States, Environmental protection agency, integrated risk information system. <http://www.epa.gov/iris/substS>.

**Topic for submission: Soil Fertility, Plant Nutrition and Greenhouse Cultivation**

# Impact of stone cutting wastes and salinity on the growth and cadmium uptake of cucumber (*Cucumis sativus L.*) under greenhouse conditions

Taghipour*[1], M., Jalali[2], M.

[1] Postdoctoral researcher, Department of Soil Science, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
[2] Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

**Abstract**

This study was conducted to investigate the effect of stone cutting waste (SCW) and salinity on growth and cadmium uptake by cucumber. The soil was treated with 5% and 10% (w/w) of the SCW. Plant of cucumber was grown under greenhouse conditions in control and SCW treated soils and stressed with electrical conductivities of 0, 4 and 8 dS $m^{-1}$. Plants were harvested after 2 months and separated into root, shoot, and fruit. Then, dry weights and cadmium content in each fraction of plants were determined. The results showed that the addition of SCW to soil decreased plant dry weight and significantly increased cadmium content in all parts of cucumber. In all treatments, growth parameters of cucumber decreased when irrigated with saline waters. The health risk index (HRI) values of cadmium for both adults and children were found to be less than 1, so, the health risk of heavy metal for people who consume cucumber grown in these contaminated soils was generally assumed to be safe.

**Keywords:** stone cutting waste, salinity, cadmium, cucumber

* Corresponding author, Email: mtaghipour81@yahoo.com